

Union internationale des télécommunications

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.993.5

(02/2019)

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

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

**Annulation de l'autotélédiaphonie (méthode des
vecteurs) destinée à être utilisée avec les
émetteurs-récepteurs VDSL2**

Recommandation UIT-T G.993.5

UIT-T



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 ET DES SYSTÈMES OPTIQUES	G.600–G.699
EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	G.700–G.799
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.800–G.899
SECTIONS NUMÉRIQUES ET SYSTÈMES DE LIGNES NUMÉRIQUES	G.900–G.999
Généralités	G.900–G.909
Paramètres pour les systèmes à câbles optiques	G.910–G.919
Sections numériques à débits hiérarchisés multiples de 2048 kbit/s	G.920–G.929
Systèmes numériques de transmission par ligne à débits non hiérarchisés	G.930–G.939
Systèmes de transmission numérique par ligne à supports MRF	G.940–G.949
Systèmes numériques de transmission par ligne	G.950–G.959
Section numérique et systèmes de transmission numériques pour l'accès usager du RNIS	G.960–G.969
Systèmes de câbles optiques sous-marins	G.970–G.979
Systèmes de transmission par ligne optique pour les réseaux locaux et les réseaux d'accès	G.980–G.989
Réseaux d'accès métalliques	G.990–G.999
QUALITÉ DE SERVICE ET DE TRANSMISSION MULTIMÉDIA – ASPECTS GÉNÉRIQUES ET ASPECTS LIÉS À L'UTILISATEUR	G.1000–G.1999
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.6000–G.6999
DONNÉES SUR COUCHE TRANSPORT – ASPECTS GÉNÉRIQUES	G.7000–G.7999
ASPECTS RELATIFS AUX PROTOCOLES EN MODE PAQUET SUR COUCHE TRANSPORT	G.8000–G.8999
RÉSEAUX D'ACCÈS	G.9000–G.9999

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

Recommandation UIT-T G.993.5

Annulation de l'autotélédiaphonie (méthode des vecteurs) destinée à être utilisée avec les émetteurs récepteurs VDSL2

Résumé

La méthode des vecteurs est une méthode de transmission qui repose sur la coordination de signaux de ligne pour réduire les niveaux de diaphonie et améliorer les performances. Le degré d'amélioration dépend des caractéristiques des canaux. La méthode des vecteurs peut être employée pour un seul ou pour plusieurs utilisateurs.

La Recommandation UIT-T G.993.5 porte exclusivement sur l'annulation de l'autotélédiaphonie dans les sens aval et amont. Elle définit une seule méthode d'annulation de l'autotélédiaphonie consistant à annuler la télédiaphonie qui est produite par les émetteurs-récepteurs à l'extrémité proche d'un groupe et qui brouille les émetteurs-récepteurs à l'extrémité éloignée de ce groupe. Cette annulation intervient entre des émetteurs-récepteurs de lignes d'abonné numérique à très haut débit 2 (VDSL2) qui n'ont pas nécessairement le même profil. La présente Recommandation est destinée à être mise en œuvre conjointement avec la Recommandation UIT-T G.993.2.

Cette version de la Recommandation reprend toutes les modifications et corrections précédemment apportées à la version 2.0 de la Recommandation UIT-T G.993.5, qui date de 2015.

Dans cette nouvelle version de la Recommandation UIT-T G.993.5, les fonctionnalités suivantes ont été corrigées ou ajoutées:

- Correction typographique au § 8.2 (Corrigendum 1).
- Généralisation de la segmentation des messages SOC au § 10.4.2.2 pour la vectorisation du profil 35b (Corrigendum 1).
- État O-DEACTIVATING de l'émetteur-récepteur (Amendement 1).
- Annexe A: Atténuation de la télédiaphonie de forte intensité (Amendement 2).
- Annexe B: VDSL2 à longue portée avec vectorisation (Amendement 2).
- Codage du signal R-P-VECTOR-2 en mode LR pour un fonctionnement en boucle longue (Annexe B) (Corrigendum 2).
- Corrigendum pour la VDSL2 à longue portée concernant la puissance MAXNOMATP (nouveau).

Historique

Edition	Recommandation	Approbation	Commission d'études	ID unique*
1.0	UIT-T G.993.5	22-04-2010	15	11.1002/1000/10414
1.1	UIT-T G.993.5 (2010) Cor. 1	22-06-2011	15	11.1002/1000/11128
1.2	UIT-T G.993.5 (2010) Amd. 1	16-12-2011	15	11.1002/1000/11396
1.3	UIT-T G.993.5 (2010) Cor. 2	13-06-2012	15	11.1002/1000/11643
1.4	UIT-T G.993.5 (2010) Amd. 2	29-10-2012	15	11.1002/1000/11796
1.5	UIT-T G.993.5 (2010) Amd. 3	22-04-2013	15	11.1002/1000/11889
1.6	UIT-T G.993.5 (2010) Amd. 4	29-08-2013	15	11.1002/1000/11993
1.7	UIT-T G.993.5 (2010) Amd. 5	04-04-2014	15	11.1002/1000/12095
2.0	UIT-T G.993.5	13-01-2015	15	11.1002/1000/12372
2.1	UIT-T G.993.5 (2015) Cor. 1	13-11-2016	15	11.1002/1000/13089
2.2	UIT-T G.993.5 (2015) Amd. 1	22-12-2016	15	11.1002/1000/13121
2.3	UIT-T G.993.5 (2015) Amd. 2	07-12-2017	15	11.1002/1000/13307
2.4	UIT-T G.993.5 (2015) Cor. 2	16-03-2018	15	11.1002/1000/13529
3.0	UIT-T G.993.5	22-02-2019	15	11.1002/1000/13748

Mots clés

Annulation de diaphonie, longue portée, VDSL2, méthode des vecteurs.

* Pour accéder à la Recommandation, reporter cet URL <http://handle.itu.int/> dans votre navigateur Web, suivi de l'identifiant unique, par exemple <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

AVANT-PROPOS

L'Union internationale des télécommunications (UIT) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications et des technologies de l'information et de la communication (ICT). Le Secteur de la normalisation des télécommunications (UIT-T) 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 on 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 développeurs de consulter la base de données des brevets du TSB sous <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2019

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..... 1
3	Définitions 2
3.1	Termes définis ailleurs 2
3.2	Termes définis dans la présente Recommandation 2
4	Abréviations et acronymes 3
5	Modèles de référence 5
5.1	Généralités 5
5.2	Application de la méthode des vecteurs vers l'aval 6
5.3	Application de la méthode des vecteurs vers l'amont..... 7
6	Exigences du côté du central dans un groupe vectoriel 7
6.1	Généralités 8
6.2	Exigences de la vectorisation vers l'aval pour le VTU-O..... 9
6.3	Exigences de la méthode des vecteurs vers l'amont pour le VTU-O 15
6.4	Exigences pour l'entité de commande vectorielle 15
7	Exigences du côté CP dans un groupe vectoriel 16
7.1	Généralités 16
7.2	Exigences de la méthode des vecteurs vers l'aval pour le VTU-R 17
7.3	Exigences de la méthode des vecteurs vers l'amont pour le VTU-R..... 28
7.4	Exigences du système NT 30
8	Messages eoc propres à la méthode des vecteurs 31
8.1	Messages eoc pour configurer le canal de retour 32
8.2	Commande de mise à jour de la séquence pilote et réponse 36
8.3	Commandes de gestion de la puissance et réponses..... 38
9	Activation et désactivation de paires dans un groupe vectoriel..... 39
9.1	Événement de fermeture programmée..... 40
9.2	Événement de fermeture non programmée..... 40
10	Initialisation d'un groupe vectoriel 40
10.1	Généralités 40
10.2	Phase de prise de contact UIT-T G.994.1 45
10.3	Phase de découverte de canal 52
10.4	Phase d'entraînement 62
10.5	Phase d'analyse de canal et d'échange 73
10.6	Passage de l'initialisation à la phase active..... 74
10.7	Procédures du mode diagnostic de boucle..... 74

	Page
11 Configuration et paramètres d'essai	76
11.1 Paramètres de configuration	77
11.2 Paramètres d'essai	78
Annexe A – Atténuation de la télédiaphonie de forte intensité	84
A.1 Introduction	84
A.2 Paramètre de commande du taux minimal de données de surdébit de message (modifie le § 9.5.4 de [UIT-T G.993.2])	84
A.3 Échantillons d'erreurs écrêtés	84
A.4 Commandes OLR	85
A.5 Phase de prise de contact UIT-T G.994.1 (modifie le § 10.2).....	86
A.6 Fonctionnalité TIGAV.....	87
A.7 Modifications du corps du texte liées à la MREFPSD	98
A.8 Gestion.....	113
Annexe B – VDSL2 à longue portée avec vectorisation	116
B.1 Introduction	116
B.2 Aperçu de la procédure d'initialisation	116
B.3 Phase de prise de contact UIT-T G.994.1	118
B.4 Signaux envoyés par le VTU-O pendant les phases de découverte de canal et d'entraînement	125
B.5 Signaux envoyés par le VTU-R pendant les phases de découverte de canal et d'entraînement	129
B.6 Échange de signaux O/R-P-PROBING-LR.....	131
B.7 Échange de signaux O/R-P-TRAINING-LR.....	138
B.8 Phases de découverte de canal et d'entraînement UIT-T G.993.5 en boucle longue.....	145
B.9 Définition des gabarits limites de PSD.....	147
B.10 Gestion.....	148
B.11 Puissance d'émission agrégée nominale (NOMATP) (remplace le § 10.3.4.2.1 de [UIT-T G.993.2])	150
Appendice I – Modélisation des canaux de diaphonie.....	152
I.1 Portée.....	152
I.2 But	152
I.3 Modèle A de canaux de diaphonie MIMO	152
I.4 Modèle C de canaux de diaphonie MIMO	152
Appendice II – Exemples de pilotage par la VCE du processus d'initialisation pendant l'activation de plusieurs lignes du groupe vectoriel	157
II.1 Introduction	157
II.2 Pilotage par la VCE de deux groupes de lignes en cours d'initialisation	157
II.3 Utilisation de fonctionnalités de prise de contact par la VCE.....	160

	Page
Appendice III – Méthode d'estimation des canaux de télédiaphonie fondée sur le SNR	161
III.1 Outils	161
III.2 Estimation des canaux de télédiaphonie d'une nouvelle ligne vers des lignes existantes	161
III.3 Estimation des canaux de télédiaphonie des lignes existantes vers une nouvelle ligne	167
Bibliographie.....	172

Recommandation UIT-T G.993.5

Annulation de l'autotélédiaphonie (méthode des vecteurs) destinée à être utilisée avec les émetteurs-récepteurs VDSL2

1 Domaine d'application

La méthode des vecteurs est une méthode de transmission qui repose sur la coordination de signaux de ligne pour réduire les niveaux de diaphonie et améliorer les performances. Le degré d'amélioration dépend des caractéristiques des canaux. La méthode des vecteurs peut être employée pour un seul ou pour plusieurs utilisateurs.

La présente Recommandation porte exclusivement sur l'annulation de l'autotélédiaphonie dans les sens aval et amont. Elle définit une seule méthode d'annulation de l'autotélédiaphonie consistant à annuler la télédiaphonie qui est produite par les émetteurs-récepteurs à l'extrémité proche d'un groupe et qui brouille les émetteurs-récepteurs à l'extrémité éloignée de ce groupe. Cette annulation intervient entre des émetteurs-récepteurs de lignes d'abonné numérique à très haut débit 2 (VDSL2) qui n'ont pas nécessairement le même profil. La présente Recommandation est destinée à être mise en œuvre conjointement avec [UIT-T G.993.2]. Il est possible d'employer des techniques d'agrégation de lignes d'abonné numérique (DSL) multipaire ([b-UIT-T G.998.1], [b-UIT-T G.998.2] et [b UIT-T G.998.3]) conjointement avec la méthode des vecteurs.

Les techniques décrites dans la présente Recommandation permettent de réduire l'autotélédiaphonie produite par les émetteurs-récepteurs dans un câble multipaire ou un faisceau de câbles. Les techniques d'annulation de l'autotélédiaphonie sont particulièrement efficaces lorsque les câbles sont courts (< 1 km) et lorsque la paradiaphonie, le bruit de fond et la télédiaphonie provenant des systèmes qui ne font pas partie du groupe auquel la méthode des vecteurs est appliquée (bruit étranger) sont limités. Le rapport du niveau du bruit ne provenant pas de l'autotélédiaphonie par rapport au niveau du bruit provenant de l'autotélédiaphonie détermine dans quelle mesure la réduction de la l'autotélédiaphonie peut améliorer les performances. Il est également important de savoir dans quelle mesure le système d'annulation de l'autotélédiaphonie peut accéder aux paires perturbatrices du câble. On obtient les gains maximaux lorsque le système d'annulation de l'autotélédiaphonie a accès à toutes les paires du câble dans lequel il est déployé et peut annuler au moins la majorité des principaux perturbateurs causant l'autotélédiaphonie dans ce câble. Lorsque plusieurs systèmes d'annulation de l'autotélédiaphonie sont déployés dans des câbles multifaisceaux dépourvus de gestion de faisceau, les gains peuvent être considérablement réduits.

2 Références

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

[UIT-T G.993.2] Recommandation UIT-T G.993.2 (2019), *Émetteurs-récepteurs de ligne d'abonné numérique à très grande vitesse 2 (VDSL2)*.

[UIT-T G.994.1] Recommandation UIT-T G.994.1 (2018), *Procédures de prise de contact pour les émetteurs-récepteurs de ligne d'abonné numérique*.

[UIT-T G.997.1] Recommandation UIT-T G.997.1 (2019), *Gestion de couche physique pour les émetteurs-récepteurs de ligne d'abonné numérique*.

- [UIT-T G.998.4] Recommandation UIT-T G.998.4 (2018), *Protection améliorée contre le bruit impulsionnel pour les émetteurs-récepteurs DSL*.
- [IEEE 802.3] IEEE 802.3-2018, *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications*.

3 Définitions

3.1 Termes définis ailleurs

La présente Recommandation reprend les définitions de [UIT-T G.993.2].

3.2 Termes définis dans la présente Recommandation

La présente Recommandation définit les termes suivants:

3.2.1 canal de retour (*backchannel*): canal par lequel l'émetteur-récepteur VTU-R envoie des échantillons d'erreurs échantillonnés à l'entité de commande vectorielle (VCE). Le canal de retour peut être déployé dans le canal d'exploitation intégré (eoc) ou dans le flux de données Ethernet allant du VTU-R au VTU-O.

3.2.2 plafond (*ceiling*): arrondi à l'entier supérieur le plus proche, noté $\lceil x \rceil$.

3.2.3 matrice de canaux (*channel matrix*): pour une ligne particulière dans un groupe de lignes, la matrice de canaux caractérise les couplages de télédiaphonie sur chaque fréquence de sous-porteuse entre cette ligne et toutes les autres lignes du groupe.

3.2.4 échantillon d'erreurs échantillonné (*clipped error sample*): représentation en complément à 2 sur $(B_{max}+1)$ bits d'un échantillon d'erreurs normalisé, obtenue en multipliant chaque composante par $2^{N_{max}-1}$, et en effectuant un échantillonnage inférieur et supérieur dans l'intervalle $[-2^{B_{max}}, 2^{B_{max}-1}]$ (N_{max} étant une valeur fixe et B_{max} une valeur pilotée par la VCE).

3.2.5 débit escompté (ETR) (*expected throughput*): voir § 3.2 de [UIT-T G.998.4].

3.2.6 tonalités de fanion (*flag tones*): toute sous-porteuse d'un symbole de synchronisation dont l'indice est égal à $10n+1$ ou $10n+7$, n étant un entier. Les tonalités de fanion servent à signaler des passages à une reconfiguration en ligne (OLR) pendant la phase active.

3.2.7 échantillonnage inférieur (*flooring*): arrondi à l'entier inférieur le plus proche, noté $\lfloor x \rfloor$.

3.2.8 échantillon d'erreurs normalisé (*normalized error sample*): erreur complexe mesurée par l'émetteur-récepteur VTU-R, définie comme la distance entre le vecteur de signaux reçus et le point de constellation de décision transmis en entrée du désembrouilleur de constellation, exprimée en unités égales à la moitié de la distance entre deux points de constellation adjacents.

3.2.9 séquence pilote (*pilot sequence*): séquence binaire établie par la VCE. Lorsque la séquence pilote est émise pendant l'initialisation et la phase active, chacun de ses bits détermine si l'émetteur-récepteur VTU-O (séquence pilote vers l'aval) ou VTU-R (séquence pilote vers l'amont), respectivement, module des ZÉROS ou des UNS sur toutes les tonalités de sondage d'un symbole de synchronisation particulier.

3.2.10 tonalités de sondage (*probe tones*): toutes les sous-porteuses d'un symbole de synchronisation dont les indices sont égaux à $10n$, $10n+2$, $10n+3$, $10n+4$, $10n+5$, $10n+6$, $10n+8$ ou $10n+9$, n étant un entier. Les tonalités de sondage sont employées pour transmettre des séquences pilotes.

3.2.11 fanion de synchronisation (*Syncflag*): symbole de synchronisation dans lequel les bits de trame de synchronisation modulés sur les tonalités de fanion sont inversés par rapport à la trame de synchronisation modulée par le symbole de synchronisation le plus récemment émis (c'est-à-dire si la précédente trame de synchronisation était entièrement composée de ZÉROS modulés sur les tonalités de fanion, le Syncflag correspondrait à une trame de synchronisation ne contenant que des UNS modulés sur les tonalités de fanion, et vice versa). Le Syncflag sert à signaler des passages à une reconfiguration en ligne.

3.2.12 groupe vectoriel (*vectored group*): ensemble de lignes sur lesquelles l'émission par le nœud d'accès peut être coordonnée par précompensation (méthode des vecteurs vers l'aval), ou sur lesquelles la réception au nœud d'accès peut être coordonnée par post-compensation (méthode des vecteurs vers l'amont), ou les deux. Suivant la configuration du groupe vectoriel, on peut activer la méthode des vecteurs vers l'aval, la méthode des vecteurs vers l'amont, les deux ou aucune des deux.

3.2.13 méthode des vecteurs (*vectoring*): émission coordonnée et/ou réception coordonnée de signaux de plusieurs émetteurs-récepteurs DSL reposant sur des techniques d'atténuation des effets négatifs de la diaphonie en vue d'améliorer la performance.

4 Abréviations et acronymes

La présente Recommandation reprend les abréviations figurant dans [UIT-T G.993.2]. Elle emploie en outre les abréviations suivantes:

ACTATP	puissance d'émission agrégée réelle (<i>actual aggregate transmit power</i>)
AFE	équipement frontal analogique (<i>analogue front end</i>)
AN	nœud d'accès (<i>access node</i>)
ATP	puissance d'émission cumulée (<i>aggregate transmit power</i>)
BDR	débit de données sur le canal de retour (<i>backchannel data rate</i>)
CO	central (<i>central office</i>)
CO-MIB	base d'informations de gestion du central (<i>central office-management information base</i>)
CO-side	extrémité de la ligne la plus proche du central (<i>end of the line nearer to the central office</i>)
CP	locaux de l'abonné (<i>customer premises</i>)
CP-side	extrémité de la ligne la plus proche des locaux de l'abonné (<i>end of the line nearer to the customer premises</i>)
DMT	tonalités multiples discrètes (<i>discrete multi-tone</i>)
DSE	fermeture non programmée (<i>disorderly shutdown event</i>)
DSL	ligne d'abonné numérique (<i>digital subscriber line</i>)
EC	annuleur d'écho (<i>echo canceller</i>)
eoc	canal d'exploitation intégré (<i>embedded operation channel</i>)
ERB	bloc de rapport d'erreurs (<i>error report block</i>)
ETR	débit escompté (<i>expected throughput</i>)
FDP	fonction de densité de probabilité (<i>probability density function</i>)
FEXT	télédiaphonie (<i>far-end crosstalk</i>)
HDLC	commande de liaison de données à haut niveau (<i>high-level data link control</i>)

IDFT	transformée de Fourier discrète inverse (<i>inverse discrete Fourier transform</i>)
L2+	Ethernet de couche 2 et au-dessus (<i>Ethernet layer 2 and above</i>)
MAQ	modulation d'amplitude en quadrature (<i>quadrature amplitude modulation</i>)
ME	entité de gestion (ou erreur moyenne) (<i>management entity (or mean error)</i>)
MIMO	entrées multiples/sorties multiples (<i>multiple input multiple output</i>)
NEXT	paradiaphonie (<i>near-end crosstalk</i>)
NDR	débit de données net (<i>net data rate</i>)
NMS	système de gestion de réseau (<i>network management system</i>)
NOMATPds	puissance nominale totale d'émission dans le sens aval (<i>nominal aggregate transmit power in downstream</i>)
NOMATPus	puissance nominale totale d'émission dans le sens amont (<i>nominal aggregate transmit power in upstream</i>)
NT	terminaison de réseau (<i>network termination</i>)
OLR	reconfiguration en ligne (<i>on-line reconfiguration</i>)
ONU	unité de réseau optique (<i>optical network unit</i>)
PCB	réduction de la puissance (<i>power cut-back</i>)
PMD	dépendant du support physique (<i>physical medium dependent</i>)
PSD	densité spectrale de puissance (<i>power spectral density</i>)
QLN	bruit sur ligne au repos (<i>quiet line noise</i>)
RT	terminal distant (<i>remote terminal</i>)
RTX	retransmission (<i>retransmission</i>)
SC	code de segment (<i>segment code</i>)
SNR	rapport signal/bruit (<i>signal-to-noise ratio</i>)
SOC	canal d'exploitation spécial (<i>special operations channel</i>)
SOS	préservation de la phase active (<i>save our showtime</i>)
SRA	adaptation de débit transparente (<i>seamless rate adaptation</i>)
SSC	compteur de symboles de synchronisation (<i>sync symbol counter</i>)
TA	avance de rythme (<i>timing advance</i>)
TEQ	égaliseurs dans le domaine temporel (<i>time domain equalizers</i>)
TID	numéro d'identification du TIGAV (<i>TIGAV identification number</i>)
TIGAV	réglage de gain déclenché par l'émetteur pour la VDSL2 (<i>transmitter initiated gain adjustment for VDSL2</i>)
UPBO	réduction de puissance en amont (<i>upstream power back off</i>)
VBB	bloc de bandes de fréquences vectorielles (<i>vectored band block</i>)
VCE	entité de commande vectorielle (<i>vectoring control entity</i>)
VDSL2	ligne d'abonné numérique à très haut débit 2 (<i>very high-bit-rate digital subscriber line 2</i>)
VDSL2-LR	VDSL2 à longue portée avec vectorisation (<i>long reach mode for vectored VDSL2</i>)

VME	Entité de gestion de la VDSL2 (<i>VDSL2 Management Entity</i>)
VTU	Émetteur-récepteur de ligne d'abonné numérique à très grande vitesse (<i>very high-speed digital subscriber line transceiver unit</i>)
VTU-O	émetteur-récepteur VTU côté unité ONU (ou centre de commutation, central, coffret de raccordement, etc., c'est-à-dire côté opérateur de la boucle) (<i>VTU at the ONU</i>)
VTU-R	émetteur-récepteur VTU côté distant (c'est-à-dire côté abonné de la boucle) (<i>VTU at the remote site</i>)
XTU-C	émetteur-récepteur d'une ligne d'abonné numérique x – côté centre de commutation (<i>X digital subscriber line Transceiver Unit at the Central office</i>)
XTU-R	émetteur-récepteur d'une ligne d'abonné numérique x – côté terminal distant (<i>X digital subscriber line Transceiver Unit at the Remote end</i>)

5 Modèles de référence

5.1 Généralités

Le modèle de référence d'un système vectoriel est illustré dans la Figure 5-1. Dans un système vectoriel, le nœud d'accès (AN), situé dans le central (CO), dans le terminal distant (RT) ou ailleurs, émet et reçoit des signaux en direction ou de la part d'un certain nombre de terminaisons de réseau (NT). L'élément commun à toutes les formes de vectorisation est une émission-réception coordonnée (méthode des vecteurs vers l'aval) ou la réception coordonnée (méthode des vecteurs vers l'amont) de signaux acheminés par des lignes du groupe vectoriel vers le nœud d'accès. Les signaux peuvent alors être représentés par un vecteur dont chaque composante est le signal de l'une des lignes. Cette coordination est possible grâce à une interface entre un émetteur-récepteur de ligne d'abonné numérique à très grande vitesse (VTU) côté unité ONU (que nous appellerons ici VTU-O-1) et tous les autres VTU-O (que nous appellerons ici VTU-O- n , $n = 2 \dots N$, où N est le nombre de lignes du groupe vectoriel). Cette coordination est appelée ici ε -1- n pour indiquer qu'elle intervient entre la ligne 1 et la ligne n .

La gestion coordonnée des lignes est assurée par le système de gestion de réseau (NMS), qui transmet les informations de gestion à l'entité de gestion (ME) au moyen de l'interface Q (voir § 11). Le système de gestion de réseau et l'entité de gestion sont tous deux définis dans [UIT-T G.997.1]. Au sein du nœud d'accès, l'entité de gestion continue d'acheminer les informations de gestion concernant une ligne particulière (par une interface appelée ici ε -m) vers des entités de commande vectorielle (VCE) du groupe vectoriel dont la ligne fait partie. Chaque entité de commande vectorielle pilote un seul groupe vectoriel, ainsi que le VTU-O- n (raccordé à la ligne n du groupe vectoriel) au moyen d'une interface appelée ici ε -c- n . Les données du précodeur sont échangées entre le VTU-O- $n1$ et le VTU-O- $n2$ par le biais d'une interface appelée ici ε - $n1$ - $n2$.

La Figure 5-1 contient le modèle de référence d'un système vectoriel (mais elle ne montre que la ligne 1 d'un groupe vectoriel de N lignes). Les blocs PHY représentent la couche physique de l'interface du nœud donnant accès au réseau et de l'interface des terminaisons de réseau desservant les locaux de l'abonné. Ces blocs apparaissent pour que la représentation du flux de données soit exhaustive, mais ils sont en-dehors du domaine d'application de la présente Recommandation. Les blocs de l'Ethernet de couche 2 et au-dessus (L2+) représentent les fonctionnalités de cette couche disponibles dans le nœud d'accès et dans les terminaisons de réseau. Ces blocs apparaissent également pour que la représentation du flux de données soit exhaustive, mais ils sont en-dehors du domaine d'application de la présente Recommandation, sauf pour ce qui concerne l'encapsulage (dans les terminaisons de réseau) et le désencapsulage (dans le nœud d'accès) du canal de retour (voir § 7.4.1).

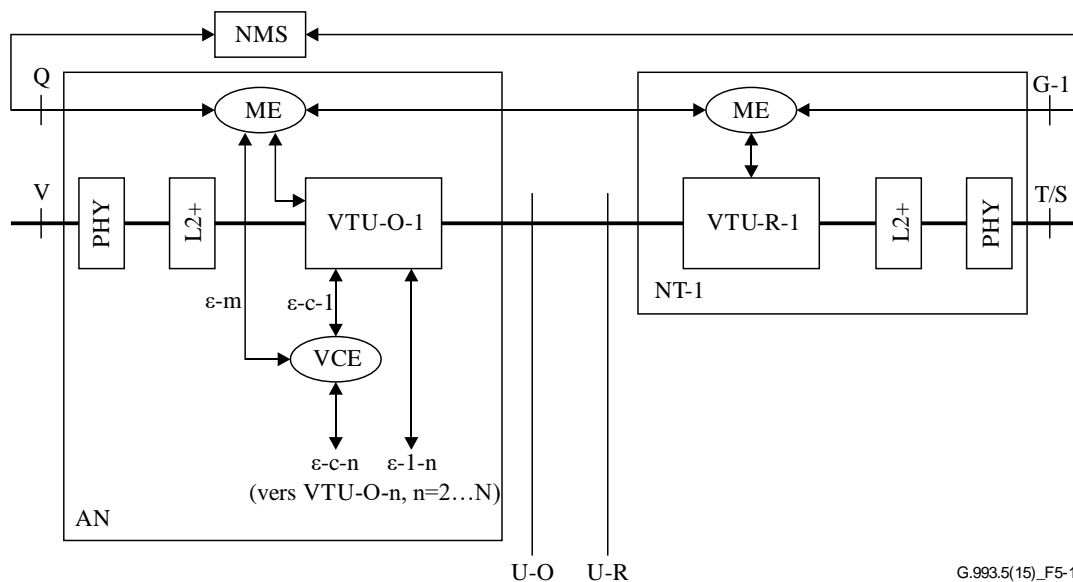


Figure 5-1 – Modèle de référence d'un système vectoriel (illustration de la ligne 1 d'un groupe vectoriel de N lignes)

Si l'on emploie les techniques décrites dans [b-UIT-T G.998.1], [b-UIT-T G.998.2] et [b-UIT-T G.998.3], on peut accroître les débits de données en déployant plusieurs lignes vers un même local d'abonné. Cette méthode est appelée agrégation de lignes.

NOTE – La méthode des vecteurs est distincte de l'agrégation de lignes, car on peut employer une technique d'agrégation avec ou sans vectorisation. L'emploi de la méthode des vecteurs par-dessus une agrégation de lignes est souvent appelé agrégation vectorielle ou DSL à entrées multiples/sorties multiples (MIMO).

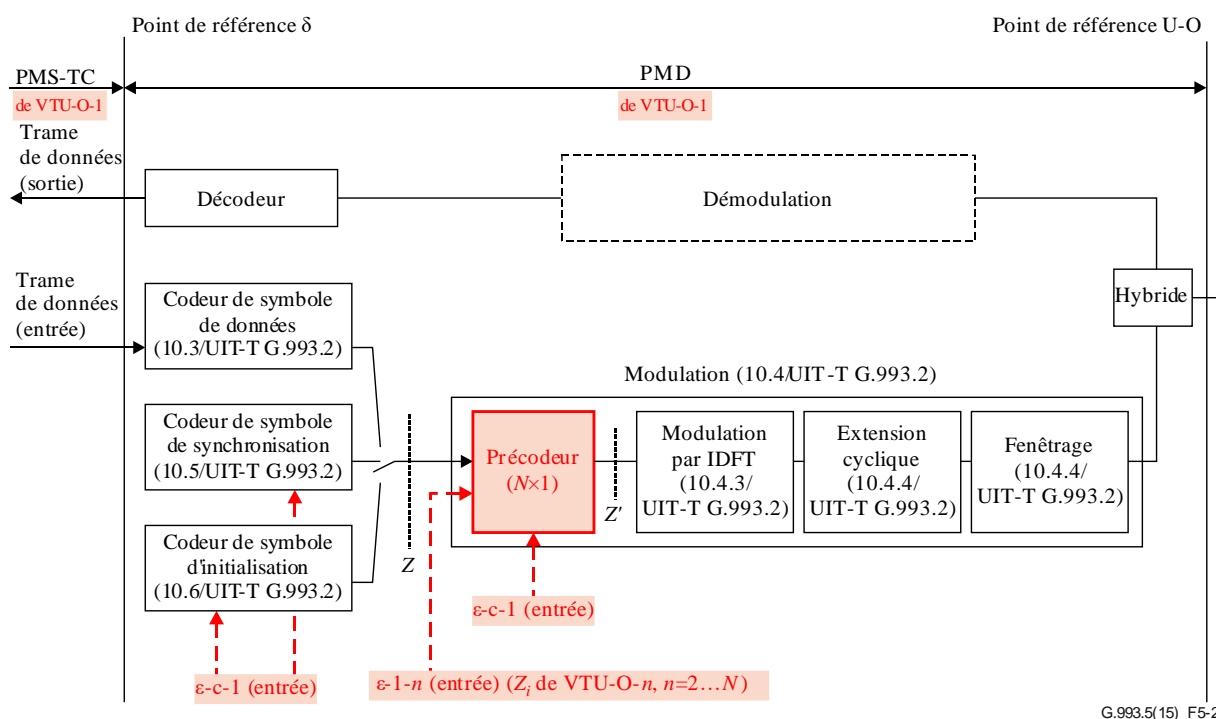
La présente Recommandation traite de la méthode des vecteurs appliquée à des lignes qui ne sont pas agrégées; toutefois, rien n'empêche d'employer cette méthode sur des lignes agrégées.

Il est possible d'améliorer les performances d'un système VDSL2 en utilisant un traitement conjoint du signal en aval (émission-réception coordonnée) ou en amont (réception coordonnée), ce qui permet d'annuler l'autotélédiaphonie (c'est-à-dire la télédiaphonie produite par les lignes du groupe vectoriel). Les sources de bruit qui sont extérieures au groupe de paires vectorielles dans le système vectoriel (par exemple l'exodiaphonie provenant de lignes exploitées par un autre fournisseur de services, le brouillage causé par des canaux de radiodiffusion à modulation d'amplitude (MA), ou encore le brouillage causé par des émetteurs-récepteurs de radioamateurs ("HAM") fonctionnant au-dessus de la bande de fréquences MA) réduisent les effets de l'annulation de l'autotélédiaphonie ainsi que les améliorations de performance offertes par un système vectoriel.

5.2 Application de la méthode des vecteurs vers l'aval

Sur les lignes relativement courtes et les systèmes à grande largeur de bande comme le VDSL, l'autotélédiaphonie est le principal facteur limitant les débits de données vers l'aval. Il est conseillé, dans la présente Recommandation, d'employer un précodage multiligne dans le nœud d'accès pour atténuer les effets de la télédiaphonie vers l'aval en effectuant une "présoustraction" ou une "précompensation" de la télédiaphonie, tout en se conformant aux contraintes de puissance d'émission. Pour permettre cette présoustraction, la couche dépendant du support physique (PMD) définie dans [UIT-T G.993.2] a été modifiée comme indiqué dans la Figure 5-2 (qui est une adaptation de la Figure 10-1 de [UIT-T G.993.2], les différences étant indiquées en couleur). La Figure 5-2 illustre un modèle fonctionnel de VTU-O pour la ligne 1 d'un groupe vectoriel de N lignes. À chaque ligne de ce groupe, on applique $N \times 1$ précodages dans la sous-couche PMD. Dans l'ensemble du groupe vectoriel, le précodeur chargé d'annuler la télédiaphonie est composé des N précodeurs de chacune des N lignes, comme illustré dans la Figure 6-1.

NOTE – Le précodeur peut être mis en œuvre dans le même dispositif physique que les autres blocs fonctionnels indiqués dans la Figure 5-2, mais pas nécessairement.



G.993.5(15)_F5-2

Figure 5-2 – Modèle fonctionnel de sous-couche PMD dans un VTU-O, dans lequel on emploie $N \times 1$ précodeurs pour appliquer la méthode des vecteurs vers l'aval (la figure concerne la ligne 1 d'un groupe vectoriel de N lignes)

Le modèle fonctionnel de sous-couche PMD dans un émetteur-récepteur VTU côté distant (VTU-R) est conforme à celui qui est présenté dans la Figure 10-1 de [UIT-T G.993.2], hormis le fait que des signaux de commande de la vectorisation ont été ajoutés et sont appliqués au codeur de symboles de synchronisation afin de fournir une modulation de la séquence pilote pour les symboles de synchronisation, comme l'illustre la Figure 5-2 (voir les § 10.3 et 10.4).

5.3 Application de la méthode des vecteurs vers l'amont

La méthode des vecteurs vers l'amont se compose surtout d'une fonction de réception à la fin de la ligne la plus proche du central (du côté du central); sa mise en œuvre est donc laissée à la discrétion du fournisseur. La présente Recommandation ne contient qu'une définition des exigences de l'émetteur VTU-R pour faciliter l'annulation de l'autotélédiaphonie vers l'amont du côté du central (par exemple l'émission de la séquence pilote vers l'amont dont l'horloge et le contenu sont pilotés par l'entité de commande vectorielle).

6 Exigences du côté du central dans un groupe vectoriel

Le présent paragraphe contient une description du comportement ordinaire du côté du central à l'appui de l'exploitation d'un groupe vectoriel de N paires.

6.1 Généralités

La Figure 6-1 illustre le modèle fonctionnel intégrant le précodage nécessaire à l'annulation de la télédiaphonie vers l'aval. Ce précodage est déployé dans le nœud d'accès pour toutes les lignes du groupe vectoriel; il s'agit d'une généralisation de la Figure 5-2 établie du point de vue du traitement du signal. Ce modèle ne montre qu'une partie d'un tableau de codeurs de symbole en aval (partie qui recouvre les codeurs de symbole de données, de synchronisation ou d'initialisation apparaissant dans la Figure 5-2) ainsi que la modulation par transformée de Fourier discrète inverse (IDFT) effectuée par les blocs fonctionnels des VTU-O. Le précodeur permettant d'annuler la télédiaphonie est inséré entre les codeurs de symboles et les blocs IDFT effectuant la modulation.

L'entité de commande vectorielle du groupe vectoriel découvre et gère la matrice de canaux de chaque sous-porteuse vectorielle. Cette matrice reprend les caractéristiques des canaux du groupe de lignes dont elle assure la gestion. Dans le modèle fonctionnel de la Figure 6-1, la matrice de canaux de chaque sous-porteuse vectorielle a une taille égale à $N \times N$, où N est le nombre de lignes du groupe vectoriel.

À partir de la matrice de canaux, il est possible de déduire et d'utiliser une matrice de précodeurs pour compenser la télédiaphonie provenant de chaque ligne du groupe vectoriel. Dans le modèle fonctionnel présenté dans la Figure 6-1, cette méthode est illustrée par une matrice de précodeurs d'annulation de la télédiaphonie déployée dans chaque sous-porteuse vectorielle de taille $N \times N$. Cette matrice peut être "creuse" (voir la note). Compte tenu des symboles émis sur chaque canal perturbateur, le précodeur précompense le symbole réellement émis de manière à réduire considérablement la diaphonie à l'extrémité distante du récepteur.

NOTE – Il arrive souvent que plusieurs coefficients du précodeur soient mis à zéro pour des raisons de mise en œuvre, ou parce que les coefficients de diaphonie sont négligeables.

On suppose que la matrice de canaux et la matrice de précodeurs qui en est déduite pour annuler la télédiaphonie sont entièrement gérées à l'intérieur du nœud d'accès. Les VTU-O et VTU-R doivent échanger des informations dans chaque ligne vectorielle pour découvrir, suivre et entretenir la matrice de canaux et la matrice de précodeurs qui lui est liée (voir la définition du canal de retour au § 7 et l'initialisation au § 10). Les algorithmes réellement employés pour traiter ces informations afin d'en déduire la matrice de canaux et de créer la matrice de précodeurs dépendent du fournisseur. Suivant la mise en œuvre, l'entité de commande vectorielle peut parfois déterminer directement la matrice de précodeurs qui va annuler la télédiaphonie; elle ne découvre alors la matrice de canaux que de manière implicite.

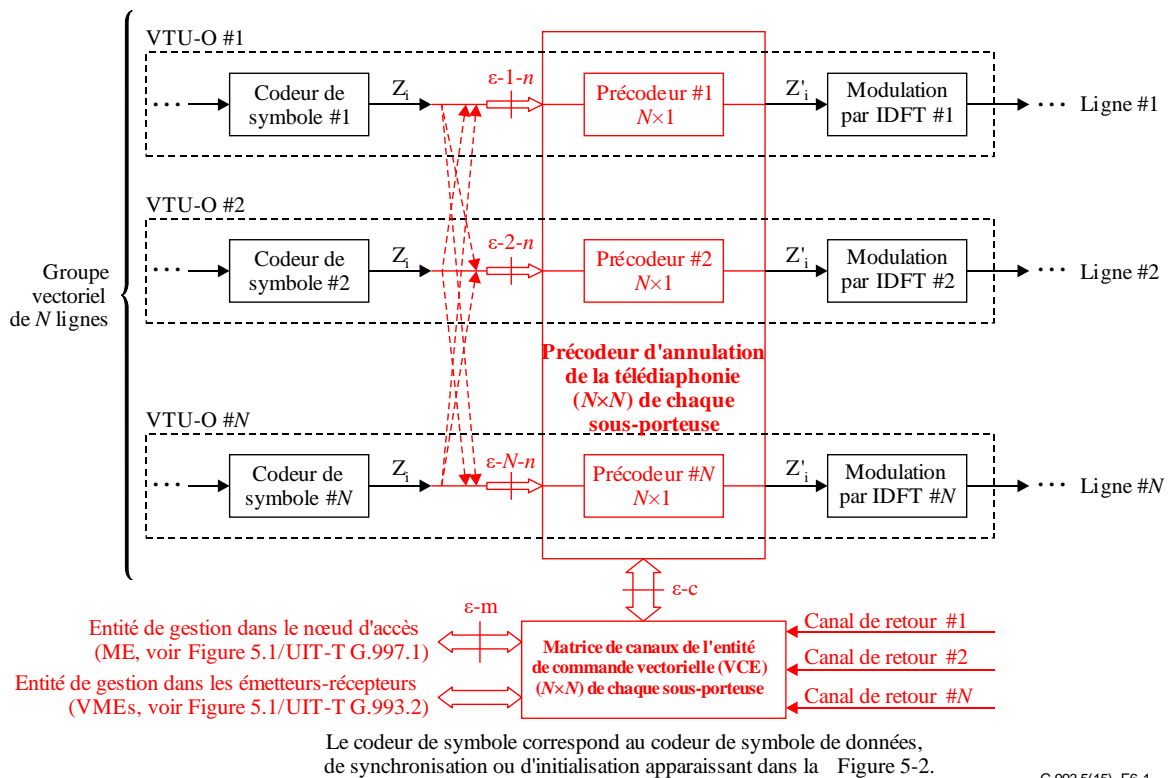


Figure 6-1 – Modèle fonctionnel de sous-couche PMD dans un groupe vectoriel, dans lequel on emploie $N \times N$ précodeurs pour appliquer la méthode des vecteurs vers l'aval

Le VTU-O doit prendre en charge la vectorisation vers l'aval (voir § 6.2) et peut prendre en charge la vectorisation vers l'amont (voir § 6.3).

Il doit en outre prendre en charge l'adaptation de débit transparente (SRA) et la reconfiguration en ligne (OLR) de type 3 dans les sens aval et amont; en particulier, il doit obligatoirement prendre en charge au sein de la SRA les fonctions suivantes:

- la reconfiguration dynamique d'entrelaceurs (modification de D_p);
- la reconfiguration de la mise en trame (modification de T_p , G_p et B_{p0})

conformément au § 13.1 de [UIT-T G.993.2].

Si [UIT-T G.998.4] est appliquée dans un sens particulier, le VTU-O doit aussi prendre en charge l'adaptation de débit transparente (SRA et OLR de type 5) dans ce même sens; en particulier, il doit obligatoirement prendre en charge au sein de la SRA toutes les configurations prévues au § C.3.2 de [UIT-T G.998.4].

6.2 Exigences de la vectorisation vers l'aval pour le VTU-O

Le VTU-O doit être conforme aux dispositions de [UIT-T G.993.2], avec les exceptions et les prescriptions supplémentaires indiquées dans la présente Recommandation.

Pour permettre à l'entité de commande vectorielle d'effectuer les tâches prévues au § 6.1, le VTU-O doit prendre en charge les exigences énoncées dans le présent paragraphe et dans les paragraphes suivants.

6.2.1 Mode synchrone

Lorsqu'ils sont pilotés par l'entité de commande vectorielle, tous les VTU-O du groupe vectoriel doivent utiliser le même espacement de sous-porteuse et débit de symbole, et doivent commencer l'émission de symboles de tonalités multiples discrètes (DMT) au même moment sur toutes les lignes dans le groupe vectoriel. Les horloges de symboles émis doivent être en phase synchrone avec tous les VTU-O du groupe vectoriel avec une tolérance d'erreur de phase maximum de 1 μ s au point de référence U-O2 (défini dans la Figure 5-4 de [UIT-T G.993.2]).

6.2.2 Position des symboles de synchronisation

Le VTU-O doit être capable de transmettre des symboles de synchronisation conformes au § 10.2 de [UIT-T G.993.2]. Les positions temporelles des symboles de synchronisation transmis vers l'aval sont déterminées par l'entité de commande vectorielle. Celle-ci peut configurer tous les VTU-O du groupe vectoriel de manière à transmettre des symboles de synchronisation vers l'aval à des positions temporelles identiques, ou au contraire utiliser des positions temporelles différentes pour un ou plusieurs VTU-O du groupe vectoriel.

Le VTU-O doit conserver un compteur de symboles de synchronisation en aval (SSC) (MODULO N_SSC), qui décomptera les symboles en permanence pendant la phase active. L'entité de commande vectorielle doit choisir la valeur N_SSC et la transmettre pendant l'initialisation du VTU-R dans le message O-SIGNATURE (voir § 10.3.2.1). Elle fixe en outre la valeur de compteur du premier symbole de synchronisation émis vers l'aval après le début de la phase active, et la transmet vers le VTU-R dans le champ *First SSC* de la commande Error Feedback (voir Tableau 8-3).

NOTE – Ce paramétrage du début de la phase active permet de synchroniser le compteur de symboles de synchronisation en aval avec le VTU-R (voir § 7.3.3).

6.2.3 Modulation d'une séquence pilote

Le VTU-O doit être capable de moduler une séquence pilote vers l'aval conforme aux spécifications de l'entité de commande vectorielle sur toutes les tonalités de sondage des symboles de synchronisation en aval au cours de l'initialisation (voir par exemple le § 10.3.3.1) et de la phase active (voir § 3.2.10). La séquence pilote vers l'aval, qui dépend du fournisseur, est déterminée par l'entité de commande vectorielle; elle se compose d'une chaîne binaire de longueur N_{pilot_ds} (l'index des bits va de 0 à $N_{pilot_ds} - 1$ et le bit d'indice 0 est transmis en premier). Si l'option intitulée *pilot sequence length multiple of 4* ("la longueur de la séquence pilote est un multiple de 4") est activée (voir § 10.2), la chaîne N_{pilot_ds} ne peut prendre comme valeur que des multiples de 4 entre 8 et 512. La séquence pilote vers l'aval doit être répétée de manière cyclique après les bits de la chaîne N_{pilot_ds} , sauf si elle est modifiée par l'entité de commande vectorielle. Celle-ci peut modifier les bits de la séquence à tout moment sans en avertir le VTU-R, dès lors qu'elle conserve la longueur de la séquence. Au cours de l'initialisation, le VTU-O peut moduler, sur toutes les tonalités de fanion des symboles de synchronisation en aval, soit la séquence pilote vers l'aval (comme pour la modulation sur les tonalités de sondage), soit une séquence entièrement composée de UNS.

Au cours de la phase active, la première position des symboles de synchronisation en aval doit être définie conformément au § 10.6. Chaque symbole de synchronisation doit moduler une séquence pilote, qui peut être indépendante ou dépendante des fréquences.

La modulation d'une séquence pilote indépendante des fréquences sur les tonalités de sondage des symboles de synchronisation est définie en fixant tous les bits de la trame de synchronisation modulés sur les tonalités de sondage à ZÉRO (si le bit de la séquence pilote a la valeur ZÉRO) ou à UN (si le bit de la séquence pilote a la valeur UN) (en d'autres termes, il y a une commande de 1 bit par symbole de synchronisation).

La modulation d'une séquence pilote dépendante des fréquences sur une tonalité de sondage des symboles de synchronisation est définie en fixant tous les bits de la trame de synchronisation modulés sur la tonalité de sondage à 00 (si le bit de la séquence pilote de cette tonalité de sondage a la valeur ZÉRO) ou à 11 (si le bit de la séquence pilote de cette tonalité de sondage a la valeur UN). Sur les tonalités d'un symbole de synchronisation donné, le bit de la séquence pilote doit avoir une périodicité de 10 tons (compte tenu à la fois des tonalités de sondage et de fanion).

Les bits de la trame de synchronisation modulés sur les tonalités de fanion (voir § 3.2.6) doivent être employés dans l'émission d'un fanion de synchronisation conforme au § 10.5.3 de [UIT-T G.993.2]. La trame de synchronisation doit être modulée sur un symbole de synchronisation conforme au § 10.5 de [UIT-T G.993.2] (y compris l'embrouillage du quadrant de toutes les sous-porteuses de l'ensemble MEDLEY, quels que soient le fanion ou la tonalité de sondage).

6.2.4 Précodage

Lorsqu'un VTU-O est paramétré pour appliquer la méthode des vecteurs vers l'aval, il doit prendre en charge le précodage permettant d'annuler la télédiaphonie, comme l'indiquent les Figures 5-2 et 6-1. Les coefficients du précodage concernant chaque VTU-O individuellement (voir § 6.1) doivent être pilotés par l'entité de commande vectorielle.

6.2.5 États et diagramme d'états des émetteurs-récepteurs (remplace le § 12.1.2 de [UIT-T G.993.2])

NOTE 1 – Le présent paragraphe remplace le § 12.1.2 de [UIT-T G.993.2] pour ce qui concerne l'application aux VTU-O. Les exigences liées aux états et au diagramme d'états des émetteurs-récepteurs dans le contexte de ces unités ne changent pas.

Les diagrammes d'état présentés dans la Figure 6-2 concernent le VTU-O, et ceux de la Figure 12-3 de [UIT-T G.993.2] concernent le VTU-R. Les états sont représentés par des ovales, le nom de l'état étant inscrit dans l'ovale. Ils sont définis dans le Tableau 6-1 pour le VTU-O et dans le Tableau 12-2 de [UIT-T G.993.2] pour le VTU-R. Les passages d'un état à l'autre sont indiqués par des flèches, l'événement provoquant le passage étant indiqué à côté de la flèche. Tous les états sont obligatoires.

Diverses commandes de "contrôleur central" (événements précédés par "c:_" et "r:_") sont représentées dans les deux diagrammes d'état à titre d'exemple d'événements et de passages entre états. La manière dont ces événements sont implémentés dépend du fournisseur.

Dans le diagramme d'état concernant le VTU-O, un état O-IDLE est prévu pour passer en mode repos. Ce mode est nécessaire pour interrompre le service ou effectuer certains essais (comme ceux qui sont proposés par exemple dans [UIT-T G.996.2]).

Une fonction d'autotest est souhaitable dans le diagramme d'états du VTU-R; toutefois, il est parfois possible de choisir si c'est le fournisseur ou l'utilisateur qui définit le moment auquel l'autotest est lancé (par exemple toujours au démarrage, ou seulement si le VTU-O en envoi la commande), et quelle action doit être effectuée lorsqu'un autotest s'est déroulé avec succès (par exemple basculer dans l'état R-IDLE ou R-SILENT).

IDLE est l'état dans lequel le VTU est alimenté par une interface de gestion pour obtenir le service souhaité par l'opérateur. Dans cet état, le VTU n'émet aucun signal. Un VTU qui reçoit un signal de couche supérieure destiné à l'activer (c:_L0_request pour le VTU-O ou r:_L0_request pour le VTU-R) doit utiliser la procédure d'initialisation prévue au § 12.3 pour faire passer la liaison de l'état L3 à l'état L0. Un VTU qui détecte les signaux de cette procédure d'initialisation au point de référence U, s'ils sont activés, doit répondre en utilisant la procédure d'initialisation. S'ils sont désactivés, le VTU doit rester dans l'état IDLE.

La liaison passe à l'état L0 une fois que la procédure d'initialisation s'est achevée avec succès et que les deux VTU se trouvent dans l'état SHOWTIME (phase active). Le VTU-O doit revenir à l'état O-SILENT lorsque la gestion de l'alimentation est programmée (c:_L3_request, voir § 11.2.3.9), ou si une réinitialisation est déclenchée en vertu de la politique de réinitialisation (voir § 12.1.4).

Le VTU-R doit revenir à l'état R-SILENT lorsque la gestion de l'alimentation est programmée (r:_L3_request, voir § 11.2.3.9), ou si une réinitialisation est déclenchée en vertu de la politique de réinitialisation (voir § 12.1.4). Dans le premier cas, le VTU-R doit attribuer la valeur AUTO_init=OFF pour désactiver le passage automatique à l'état R-INIT/HS. Dans le second cas, il doit attribuer la valeur AUTO_init=ON pour activer le passage automatique à l'état R-INIT/HS.

Le VTU récepteur doit quitter l'état SHOWTIME lors d'un problème persistant de panne par perte de signal (LOS) et/ou perte de trame (LOF) (voir § 12.1.4). Dès lors, si aucun événement high_BER-hs ou high_BER-fs n'amène le VTU récepteur à changer d'état plus tôt, la persistance de la panne LOS et/ou LOF permet au VTU émetteur de détecter cette panne en lisant les bits indicateurs avant que le VTU récepteur ne change d'état.

NOTE 2 – L'événement High_BER-fs se produit en cas de démarrage rapide; ce cas doit faire l'objet d'une étude ultérieure (voir § 12.5).

Le VTU récepteur doit aussi changer d'état en cas d'événement high_BER (voir § 12.1.4). Cet événement est lié aux primitives de performance proche ou distante et aux compteurs de performance, dont les seuils peuvent être configurés par le biais de la base CO-MIB de manière à déclencher un événement high_BER lorsque le seuil est franchi.

Un VTU-O doit se placer dans l'état O-SILENT en passant par l'état O-DEACTIVATING lorsque la gestion de l'alimentation est programmée (c:_L3_request), ou si une réinitialisation est déclenchée en vertu de la politique de réinitialisation.

NOTE 3 – Le fait de fixer la durée de l'état O-DEACTIVATING (qui est laissée au choix du fournisseur) à zéro déclenche immédiatement le passage de l'état O-SHOWTIME à l'état O-SILENT.

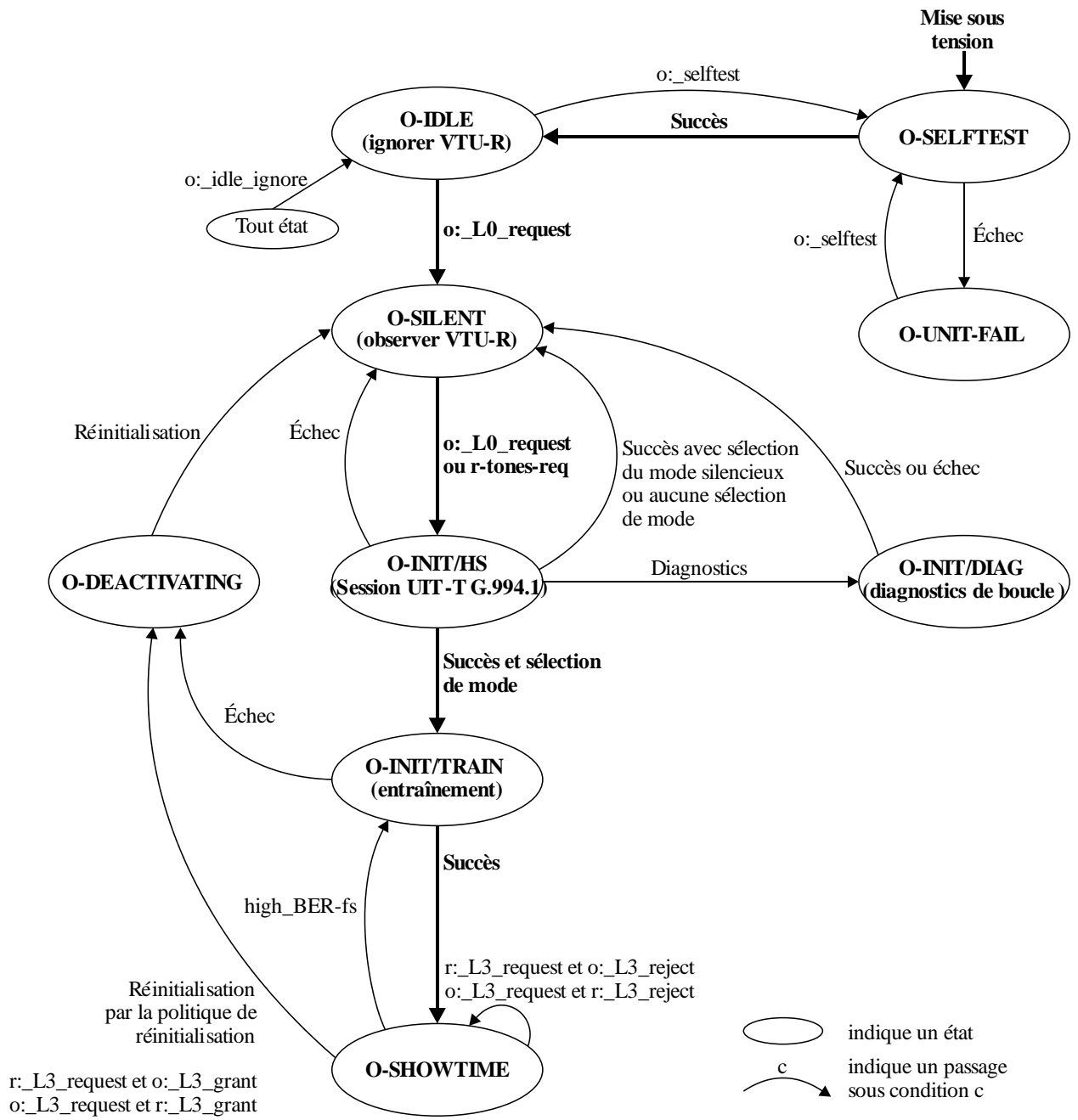
Lorsque le VTU-O passe de l'état O-SHOWTIME à l'état O-DEACTIVATING, puis à l'état O-SILENT, le VTU-R détecte une panne LOS persistante. Le VTU-R passe alors dans l'état R-SILENT, puis dans l'état R-INIT/HS et commence à émettre un message R-TONES-REQ dans un délai maximum de 6 s après le passage du VTU-O dans l'état O-SILENT.

Lorsque le VTU-O passe de l'état O-INIT/TRAIN à l'état O-DEACTIVATING, puis à l'état O-SILENT, le VTU-R détecte une panne d'entraînement. Le VTU-R passe alors dans l'état R-SILENT, puis dans l'état R-INIT/HS.

NOTE 4 – Le passage direct de l'état O-INIT/TRAIN à l'état O-SILENT est illustré dans la Figure 6-2. Il nécessite néanmoins un passage par l'état O-DEACTIVATING, dont la durée dépend du fournisseur et peut être de zéro symbole DMT.

Lorsque le VTU-R passe de l'état R-SHOWTIME à l'état R-SILENT, le VTU-O détecte une panne LOS persistante. Le VTU-O passe alors dans l'état O-DEACTIVATING, puis dans l'état O-SILENT; ensuite, soit il attend de recevoir un message R-TONES-REQ (code HS émis par le VTU-R), soit il passe dans l'état O-INIT/HS (code HS émis par le VTU-O).

NOTE 5 – Pendant que le VTU-O se trouve dans l'état O-DEACTIVATING, l'entité de commande vectorielle peut mettre à jour les coefficients d'annulation de la télédiaphonie sur les lignes en phase active.



G.993.5(15)-Amd.1(16)_F6-2

Figure 6-2 – Digramme d'état du VTU-O

Tableau 6-1 – Définitions des états du VTU-O

Nom de l'état	Description
O-SELFTEST (obligatoire)	<ul style="list-style-type: none"> • État temporaire intervenant après la mise sous tension, dans lequel le VTU exécute un autotest. • Émetteur-récepteur à l'état OFF (QUIET à l'interface U-O). • Récepteur à l'état OFF (pas de réponse au signal R-TONES-REQ). • Pas de réponse au canal de commande du contrôleur central. • Si succès de l'autotest alors passage à l'état O-IDLE. • Si échec de l'autotest alors passage à l'état O-UNIT-FAIL.
O-UNIT-FAIL (obligatoire)	<ul style="list-style-type: none"> • État stable intervenant après un échec de l'autotest du VTU. • Émetteur-récepteur à l'état OFF (QUIET à l'interface U-O). • Récepteur à l'état OFF (pas de réponse au signal R-TONES-REQ). • Surveillance du canal de commande du contrôleur central si possible (permet au contrôleur central d'obtenir le résultat des autotests).
O-IDLE (obligatoire)	<ul style="list-style-type: none"> • État stable considéré intervenant après un succès de l'autotest. • Émetteur-récepteur à l'état OFF (QUIET à l'interface U-O). • Récepteur à l'état OFF (pas de réponse au signal R-TONES-REQ). • Surveillance du canal de commande du contrôleur central.
O-SILENT1 (obligatoire)	<ul style="list-style-type: none"> • État stable défini dans [UIT-T G.994.1], intervenant sur commande du contrôleur central. • Émetteur-récepteur à l'état OFF (QUIET à l'interface U-O). • Récepteur connecté (surveiller le signal R-TONES-REQ: si détecté, passage à l'état O-INIT/HS). • Surveillance du canal de commande du contrôleur central.
O-INIT/HS (obligatoire)	<ul style="list-style-type: none"> • État temporaire intervenant pour effectuer la phase d'initialisation prévue dans [UIT-T G.994.1]. • Émetteur-récepteur connecté (commencer par transmettre le signal C-TONES). • Récepteur connecté (commencer par surveiller le signal R-SILENT0). • Surveillance du canal de commande du contrôleur central. • Si période de silence ou pas de sélection de mode, alors passage à l'état O-SILENT1. • Si mode de diagnostic de boucle alors passage à l'état O-INIT/DIAG. • Si mode d'exploitation choisi, alors passage à l'état O-INIT/TRAIN.
O-INIT/TRAIN (obligatoire)	<ul style="list-style-type: none"> • État temporaire intervenant pour effectuer d'autres phases de l'initialisation. • Émetteur-récepteur connecté (commencer par O-P-QUIET1). • Récepteur connecté (commencer par surveiller le signal R-P-QUIET1). • Si succès d'initialisation alors passage à l'état O-SHOWTIME. • Si échec d'initialisation alors passage à l'état O-DEACTIVATING. • Surveillance du canal de commande du contrôleur central.
O-INIT/DIAG (obligatoire)	<ul style="list-style-type: none"> • État temporaire intervenant pour effectuer d'autres phases de l'initialisation en mode de diagnostic de boucle. • Émetteur-récepteur connecté (commencer par O-P-QUIET1). • Récepteur connecté (commencer par surveiller le signal R-P-QUIET1). • Passage à l'état O-SILENT. • Surveillance du canal de commande du contrôleur central.

Tableau 6-1 – Définitions des états du VTU-O

Nom de l'état	Description
O-SHOWTIME (obligatoire)	<ul style="list-style-type: none"> • État stable intervenant lorsqu'un ou plusieurs canaux supports sont actifs. • Des reconfigurations en ligne se produisent dans cet état. • Si les conditions satisfont à la politique de réinitialisation alors passage à l'état O-DEACTIVATING. • Si passage de la liaison à l'état L3 est accordé alors passage à l'état O-DEACTIVATING. • Surveillance du canal de commande du contrôleur central.
O-DEACTIVATING (obligatoire)	<ul style="list-style-type: none"> • État temporaire intervenant quand la liaison passe à l'état L3. La durée de cet état dépend du fournisseur et peut être nulle. • Émetteur-récepteur connecté: le VTU-O ne doit pas émettre le signal direct (donc $Z_i=0$ pour toutes les sous-porteuses) mais il peut émettre le signal de précompensation Z_i' vers l'aval. • Le récepteur peut être connecté: le VTU-O peut recevoir des signaux de l'amont à l'appui de l'annulation de la télédiaphonie vers l'amont. • La VCE peut mettre à jour les coefficients d'annulation de la télédiaphonie vers l'aval et vers l'amont. • Sur instruction de la VCE, le VTU-O passe dans l'état O-SILENT.

6.3 Exigences de la méthode des vecteurs vers l'amont pour le VTU-O

La mise en œuvre à l'extrémité de la ligne la plus proche du central (côté CO) dépend du fournisseur, hormis le fait que le système doit obligatoirement permettre d'acheminer les paramètres de commande de la synchronisation des symboles et de la méthode des vecteurs vers l'amont depuis la VCE jusqu'à l'extrémité de la ligne la plus proche des locaux de l'abonné (côté CP). Ces exigences sont définies au § 10 et s'appliquent à chaque VTU-O d'un groupe vectoriel.

Le VTU-O doit être conforme à [UIT-T G.993.2], sauf pour ce qui concerne les exceptions et les exigences supplémentaires énoncées dans la présente Recommandation.

Au cours de l'initialisation, chaque VTU-O d'un groupe vectoriel doit être capable d'envoyer un marqueur temporel au VTU-R pour indiquer quels sont les symboles présents à une position temporelle donnée qui coïncident avec les symboles de synchronisation de la phase active sur les lignes actives. La méthode de modulation des marqueurs temporels concernant les symboles en question est définie au § 10.3.3.5.

Le VTU-O doit être capable d'acheminer les paramètres de commande du groupe vectoriel vers l'amont qui sont définis aux § 7 et 10 depuis la VCE jusqu'au côté CP.

Si la méthode des vecteurs est activée vers l'amont, le VTU-O doit aussi la prendre en charge lorsque toutes les tonalités de sondage du symbole de synchronisation en amont sont de même signe, mais que le schéma des signes sur l'ensemble des tonalités du symbole de synchronisation a une périodicité de 10 tonalités (compte tenu à la fois des tonalités de sondage et de fanion).

6.4 Exigences pour l'entité de commande vectorielle

L'entité de commande vectorielle (VCE) doit prendre en charge la méthode des vecteurs vers l'aval.

Elle doit aussi pouvoir être commandée par l'entité de gestion via l'interface ε -m (illustrée dans la Figure 5-1) pour pouvoir utiliser le paramètre $B_{min} = 0$ (on trouvera la définition de B_{min} dans le Tableau 7-1 et ses valeurs possibles dans le Tableau 7-2).

7 Exigences du côté CP dans un groupe vectoriel

Le présent paragraphe traite du comportement du système en état stable à l'extrémité de la ligne la plus proche des locaux de l'abonné dans un groupe vectoriel à N paires.

7.1 Généralités

Le VTU-R doit envoyer des échantillons d'erreurs écrêtés (définis au § 7.2.1) à la VCE du groupe vectoriel en utilisant le canal de retour (défini aux § 7.2.2 à 7.2.4). Il doit prendre en charge l'encapsulation dans un réseau Ethernet de couche 2 (défini au § 7.4.1) ainsi que l'encapsulation du canal d'exploitation intégré (défini au § 7.4.2) pour les informations du canal de retour. La VCE doit choisir la méthode d'encapsulation à employer et communiquer ce paramétrage au VTU-R pendant l'initialisation (voir § 10.5.2.1). La méthode d'encapsulation choisie doit être conservée pendant toute la phase active.

La Figure 7-1 présente le modèle de référence du flux d'informations sur le canal de retour encapsulé dans la couche 2. Dans la terminaison de réseau, les échantillons d'erreurs écrêtés sont d'abord envoyés du VTU-R au bloc fonctionnel L2+ (primitive streamBC.indicate), où ils sont encapsulés dans le protocole de transport de la couche 2 (défini au § 7.4.1), puis ils sont multiplexés dans l'un des flux de données Ethernet vers l'amont (ou Ethernet sur réseau en mode ATM) (stream(n).confirm, voir l'Annexe K de [UIT-T G.993.2]). Au nœud d'accès, l'encapsulation de couche 2 s'achève dans le bloc fonctionnel L2+ et les échantillons d'erreurs écrêtés sont envoyés à la VCE (primitive streamBC.indicate).

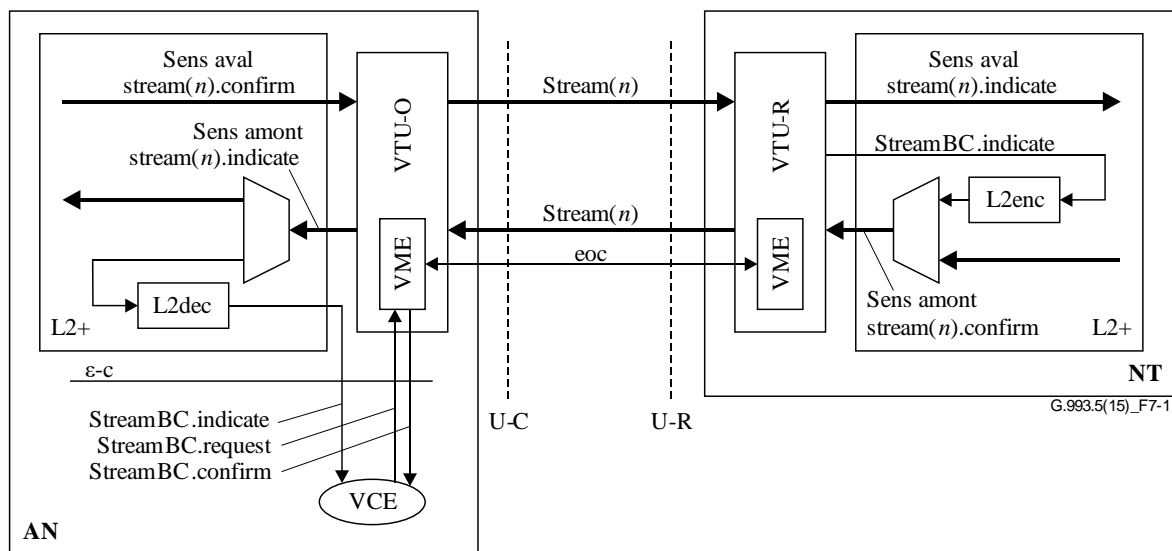


Figure 7-1 – Modèle de référence du flux d'informations sur le canal de retour encapsulé dans la couche 2

La Figure 7-2 montre le modèle de référence du flux d'informations sur le canal de retour encapsulé dans le canal d'exploitation intégré (eoc). Dans le VTU-R, les échantillons d'erreurs écrêtés sont envoyés à l'entité de gestion de la VDSL2 (VME) où ils sont encapsulés dans un message du canal eoc, conformément aux dispositions du § 8.1. Dans la VME (voir § 11.2 de [UIT-T G.993.2]) du VTU-O, l'encapsulation de l'eoc est achevée et les échantillons d'erreurs écrêtés sont acheminés vers la VCE (primitive streamBC.indicate).

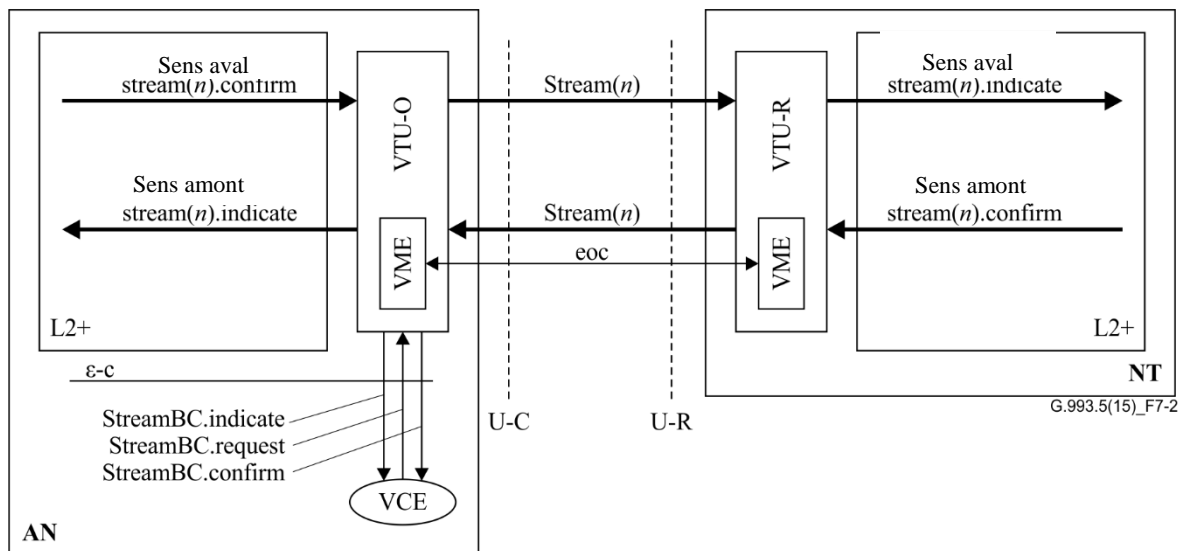


Figure 7-2 – Modèle de référence du flux d'informations sur le canal de retour encapsulé dans le canal d'exploitation intégré

Quelle que soit la méthode d'encapsulage choisie sur le canal de retour, la VCE communique avec l'entité de gestion de la VDSL2 (VME) du VTU-O pour fixer les paramètres de commande du canal de retour (définis dans le Tableau 7-1); ainsi, elle va définir par exemple pour quelles sous-porteuses le VTU-R va envoyer les échantillons d'erreurs échantillonnés sur le canal de retour (primitive streamBC.request). La VME du VTU-O utilise des commandes du canal d'exploitation intégré (définies au § 8.1) pour communiquer ces paramètres de commande du canal de retour à la VME du VTU-R et ramène à la VCE les informations reçues en retour de la VME du VTU-R (primitive streamBC.confirm).

Le VTU-R doit prendre en charge l'adaptation de débit transparente (SRA, OLR Type 3) dans les sens aval et amont; cette prise en charge est notamment obligatoire pour les SRA dans les cas suivants:

- reconfiguration de l'entrelacement dynamique (changement de D_p);
- reconfiguration de la mise en trame (changement de T_p , G_p et B_{p0}),

conformément au § 13.1 de [UIT-T G.993.2] intitulé "Types de reconfigurations en ligne".

Si les fonctionnalités prévues dans [UIT-T G.998.4] sont activées dans un sens particulier, le VTU-R doit aussi prendre en charge l'adaptation de débit transparente (SRA, OLR Type 5) dans le même sens; cette prise en charge est notamment obligatoire pour les SRA de toutes les configurations prévues au § C.3.2 de [UIT-T G.998.4].

7.2 Exigences de la méthode des vecteurs vers l'aval pour le VTU-R

Le VTU-R doit être conforme aux dispositions de [UIT-T G.993.2], avec les exceptions et les prescriptions supplémentaires indiquées dans la présente Recommandation.

Aux termes de la présente Recommandation, au cours de l'initialisation comme de la phase active, toutes les tonalités de sondage d'un symbole de synchronisation peuvent avoir le même signe (lorsqu'une séquence pilote indépendante de la fréquence est modulée, voir § 6.2.3) ou un signe différent (lorsqu'une séquence pilote dépendante de la fréquence est modulée, voir § 6.2.3). Le VTU-R doit prendre en charge la réception et toutes les fonctionnalités connexes requises pour déterminer la présence de signaux d'erreur. Tel est également le cas lorsque toutes les tonalités de sondage du symbole de synchronisation n'ont pas le même signe, mais que le schéma des signes des tonalités du symbole de synchronisation en aval a une périodicité de 10 tonalités (compte tenu à la fois des tonalités de sondage et de fanion).

7.2.1 Définition d'un échantillon d'erreurs normalisé

Le VTU-R convertit le signal reçu dans le domaine temporel en échantillons du domaine fréquentiel; il obtient ainsi une valeur complexe Z pour chaque sous-porteuse reçue. Le démodulateur de constellations qui intervient ensuite associe chaque valeur complexe Z à un point de constellation représenté par la valeur \hat{C} . La Figure 7-3 illustre le calcul d'un échantillon d'erreurs normalisé E pour une sous-porteuse donnée dans un symbole de synchronisation donné. L'échantillon d'erreurs normalisé représente l'erreur entre l'échantillon de données complexe Z normalisé au point de constellation ayant effectué la modulation d'amplitude en quadrature (MAQ-4) et le point de constellation de la décision correspondante \hat{C} associé au symbole de synchronisation, cette erreur étant reçue dans un VTU-R et transmise en entrée au démodulateur de la constellation. Aux fins de l'illustration proposée dans la Figure 7-3, l'échantillon de données complexe Z normalisé qui a été reçu se trouve dans les limites de la constellation contenant le point de constellation de décision $\hat{C} = (+1, +1)$.

Pour chacune des sous-porteuses, l'échantillon d'erreurs normalisé E est tel que $E = Z - \hat{C}$, où E est l'erreur complexe telle que $E = e_{-x} + j \times e_{-y}$, avec e_{-x} la composante réelle, e_{-y} la composante imaginaire et Z l'échantillon de données normalisé reçu, lui-même défini par $Z = z_{-x} + j \times z_{-y}$ avec z_{-x} la composante réelle, z_{-y} la composante imaginaire et \hat{C} le point de constellation de décision associé à l'échantillon de données reçu Z , tel que $\hat{C} = \hat{c}_{-x} + j \times \hat{c}_{-y}$ avec \hat{c}_{-x} la composante réelle et \hat{c}_{-y} la composante imaginaire (avec $\hat{c}_{-x} = \pm 1$ et $\hat{c}_{-y} = \pm 1$).

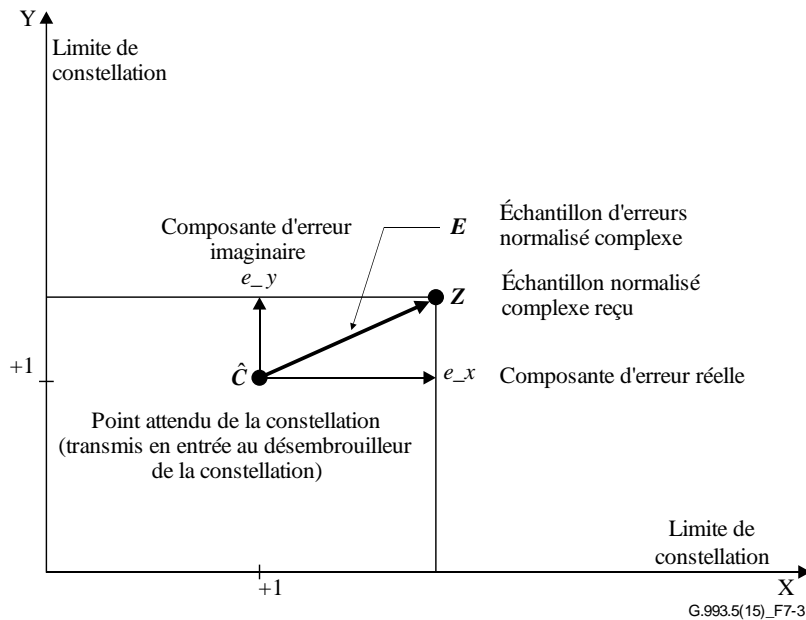


Figure 7-3 – Définition de l'échantillon d'erreurs normalisé E

Les composantes réelle et imaginaire de chaque échantillon d'erreurs normalisé E sont échantillonnées et quantifiées en valeurs entières respectivement pour les composantes q_{-x} et q_{-y} de l'échantillon, de la manière suivante:

$$q_{-x} = \max\left(-2^{B_{-max}}, \min\left(\left\lfloor e_{-x} \times 2^{N_{-max}-1} \right\rfloor, 2^{B_{-max}} - 1\right)\right)$$

$$q_{-y} = \max\left(-2^{B_{-max}}, \min\left(\left\lfloor e_{-y} \times 2^{N_{-max}-1} \right\rfloor, 2^{B_{-max}} - 1\right)\right)$$

où $Q = q_x + j \times q_y$ représente l'échantillon d'erreurs échantillonné, N_{max} représente la profondeur de quantification maximale des échantillons d'erreurs normalisés, qui doit être fixée à 12, et B_{max} représente la limite supérieure de l'indice de bit prise en compte dans la transmission des composantes q_x et q_y de l'échantillon d'erreurs échantillonné ($B_{max} < N_{max}$, B_{max} étant configuré par la VCE, voir les Tableaux 7-1 et 7-2).

Les valeurs des deux composantes q_x et q_y de l'échantillon d'erreurs échantillonné doivent être représentées en complément à 2 de $B_{max}+1$ bits. Le format employé pour transmettre l'échantillon d'erreurs échantillonné sur le canal de retour est défini au § 7.2.2. Les sous-porteuses particulières qui seront employées pour transmettre l'échantillon pendant l'initialisation et la phase active doivent être configurées de la manière décrite respectivement dans les § 10.4.2.1 et 8.1.

7.2.2 Transmission d'échantillons d'erreurs échantillonnés

Le VTU-R doit transmettre les échantillons d'erreurs échantillonnés (définis au § 7.2.1) au VTU-O via le canal de retour établi entre ces deux VTU dans chaque ligne du groupe vectoriel, conformément au § 7.4.1 (canal de retour de couche 2), au § 8.12 (canal de retour du canal d'exploitation intégré) ou au § 10 (canal de retour du canal d'exploitation spécial (SOC)). Le VTU-O achemine les échantillons d'erreurs échantillonnés vers la VCE du groupe vectoriel.

7.2.2.1 Paramètres de commande pour la transmission d'échantillons d'erreurs échantillonnés

La VCE communique au VTU-O un ensemble de paramètres de commande pour la transmission d'échantillons d'erreurs échantillonnés. Ces paramètres sont définis dans le Tableau 7-1.

Tableau 7-1 – Paramètres de commande pour les échantillons d'erreurs échantillonnés

Nom du paramètre	Définition
<i>Vectored bands</i>	<p>Bandes de fréquences en aval pour lesquelles le VTU-R doit envoyer des échantillons d'erreurs échantillonnés pour les sous-porteuses via le canal de retour.</p> <p>Les bandes vectorielles en aval doivent être définies par les indices des sous-porteuses de la plus haute et la plus basse fréquences.</p> <p>Le paramètre N_{band} indique le nombre de bandes vectorielles configurées. Ce nombre ne doit pas être supérieur à 8 ($N_{band} \leq 8$). Les bandes configurées doivent être identifiées par leur numéro: $vb = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$, qui est attribué dans l'ordre croissant des indices de sous-porteuse liés à la bande considérée.</p> <p>Le paramètre $N_{carrier}(vb)$ indique le nombre de sous-porteuses dans la bande de fréquences dont le numéro est vb, c'est-à-dire l'indice de la dernière sous-porteuse moins l'indice de la première sous-porteuse plus un.</p> <p>L'indice de la première sous-porteuse (ayant la fréquence la plus basse) de chaque bande vectorielle en aval doit être un nombre pair.</p> <p>Chaque bande vectorielle en aval doit être attribuée à l'intérieur des limites prévues pour une seule bande classique en aval UIT-T G.993.2 (conformément à l'échange prévu pendant la phase UIT-T G.994.1). Il est possible d'avoir plusieurs bandes vectorielles dans chaque bande classique en aval. Les bandes vectorielles ne doivent pas se chevaucher.</p>
<i>F_sub</i>	<p>Facteur de sous-échantillonnage à appliquer aux bandes vectorielles.</p> <p>Pour chaque bande vectorielle en aval, l'échantillon d'erreurs échantillonné de la sous-porteuse ayant l'indice le plus faible doit être transmis en premier, puis l'échantillon de chaque $F_{sub}^{ème}$ sous-porteuse de la bande vectorielle.</p> <p>Configuré séparément par la VCE pour chaque bande vectorielle en aval.</p>

Tableau 7-1 – Paramètres de commande pour les échantillons d'erreurs échantillés

Nom du paramètre	Définition
<i>F_block</i>	Taille de bloc (nombre de sous-porteuses) permettant de regrouper des échantillons d'erreurs échantillés. Configuré par l'entité de commande vectorielle. Il faut utiliser la même configuration de taille de bloc pour toutes les bandes vectorielles en aval (voir Tableau 8-4).
<i>B_min</i>	Limite inférieure de l'indice de bit employé pour transmettre une composante de l'échantillon d'erreurs échantillé (voir § 7.2.2.2). Configuré séparément par la VCE pour chaque bande vectorielle en aval.
<i>B_max</i>	Limite supérieure de l'indice de bit employé pour transmettre une composante de l'échantillon d'erreurs échantillé (voir § 7.2.1). Configuré séparément par la VCE pour chaque bande vectorielle en aval.
<i>L_w</i>	Nombre maximum de bits pour transmettre une composante d'un échantillon d'erreurs échantillé. Configuré séparément par l'entité de commande vectorielle pour chaque bande vectorielle en aval. Si <i>L_w</i> est fixé à 0 pour une bande vectorielle en aval particulière, cette bande ne doit pas être transmise. Le paramètre <i>L_w</i> doit être fixé à une valeur non nulle pour au moins une bande vectorielle en aval.
<i>padding</i>	Indique si le VTU-R doit compléter les échantillons d'erreurs échantillés par bourrage avec des bits de signe ou des zéros afin de continuer à utiliser des bits <i>L_w</i> pour transmettre les composantes d'échantillon lorsque $S < L_w - 1$ (voir § 7.2.2.2). Configuré par la VCE. Il faut employer la même configuration de bourrage pour toutes les bandes vectorielles en aval. Si le bourrage est activé, le paramètre <i>B_min</i> doit être fixé à 0.

Le Tableau 7-2 présente les valeurs facultatives et obligatoires des paramètres de commande des échantillons d'erreurs échantillés. Il indique notamment les valeurs que la VCE peut utiliser pour configurer les paramètres et la valeur que le VTU-R doit obligatoirement prendre en charge. Le VTU-O doit quant à lui prendre en charge toutes les valeurs de configuration reconnues que la VCE utilise. Le VTU-R doit indiquer au cours de l'initialisation ses capacités de prise en charge des valeurs facultatives, et la VCE doit choisir les valeurs en conséquence (voir § 10).

Tableau 7-2 – Valeurs des paramètres de commande du canal de retour

Paramètre	Valeurs reconnues par la VCE	Valeurs que le VTU-R doit obligatoirement prendre en charge
<i>F_sub</i>	1, 2, 4, 8, 16, 32 et 64	2, 4, 8, 16, 32 et 64
<i>F_block</i>	1, 32 et $\left\lceil \frac{N_{\text{carrier}}}{F_{\text{sub}}} \right\rceil$	1 et $\left\lceil \frac{N_{\text{carrier}}}{F_{\text{sub}}} \right\rceil$
<i>B_min</i>	0, ..., 11	Toutes les valeurs reconnues
<i>B_max</i>	<i>B_min</i> , ..., 11	Toutes les valeurs reconnues
<i>L_w</i>	0, 1, ..., $\min(8, B_{\text{max}} - B_{\text{min}} + 1)$	0, 1, ..., 8

Tableau 7-2 – Valeurs des paramètres de commande du canal de retour

Paramètre	Valeurs reconnues par la VCE	Valeurs que le VTU-R doit obligatoirement prendre en charge
<i>padding</i>	1 (activer); 0 (désactiver) pour $F_block = 32$; 0 (désactiver) pour $F_block = \left\lceil \frac{N_carrier}{F_sub} \right\rceil$	1 (activer); 0 (désactiver) pour $F_block = \left\lceil \frac{N_carrier}{F_sub} \right\rceil$

Dans chaque bande vectorielle en aval que le VTU-O a réservée pour transmettre des échantillons d'erreurs échantillonnés, le VTU-R doit transmettre ces échantillons pour toutes les sous-porteuses dont les indices $X = X_L + n \times F_sub$, où n prend les valeurs entières 0, 1, 2, ... pour lesquelles $X_L \leq X \leq X_H$, X_L et X_H étant respectivement les indices de la sous-porteuse de fréquence la plus basse et la plus élevée dans la bande vectorielle en aval. Les échantillons des autres sous-porteuses ne doivent pas être transmis.

Dans les sous-porteuses ($b_i = 0$ et $g_i = 0$) qui ne sont pas employées pour transmettre mais qui sont réservées à la transmission d'échantillons d'erreurs échantillonnés, le VTU-R doit transmettre un échantillon d'erreurs fictif. La valeur de celui-ci dépend du fournisseur, mais elle doit être conforme aux paramètres de commande des échantillons d'erreurs et ne doit pas avoir d'incidence sur la transmission effectuée dans les autres sous-porteuses.

NOTE – C'est le VTU-O et/ou la VCE qui doit détecter et rejeter les échantillons d'erreurs échantillonnés transmis dans des sous-porteuses qui ne sont pas réservées à l'estimation des canaux.

7.2.2.2 Regroupement des échantillons d'erreurs échantillonnés

Le VTU-R doit regrouper les échantillons d'erreurs échantillonnés en un certain nombre de blocs. Les tailles de bloc reconnues pour le paramètre F_block sont définies dans le Tableau 7-2. Pour chaque bloc, le VTU-R doit calculer les paramètres B_M et B_L . Ces paramètres représentent l'indice de bit le plus élevé et le plus faible dans l'échantillon d'erreurs échantillonné transmis, ces indices étant décomptés par hypothèse du bit de plus faible poids (LSB) au bit de plus fort poids (MSB) en partant de 0.

La Figure 7-4 contient un exemple dans lequel $F_block = 1$, $B_min = 2$, $B_max = 10$, $L_w = 4$ et $padding = 0$. Deux registres, dont la largeur individuelle est de $(B_max + L_w)$ bits, contiennent une composante d'échantillon d'erreurs échantillonné dans les bits étiquetés de B_max (MSB de l'échantillon) à 0 (LSB de l'échantillon), tandis que les $L_w - 1 = 3$ bits restants de chaque registre sont fixés à 0 et étiquetés avec un indice de bit négatif allant de -1 à $1 - L_w = -3$. Pour chaque composante du bloc, seuls les $B_M - B_L + 1$ bits ayant des indices allant de B_M à B_L (inclus) sont intégrés dans le format du bloc de rapport d'erreurs (ERB) défini au § 7.2.3.1. Les paramètres B_M et B_L doivent être calculés pour chaque bloc de la manière décrite ci-après. Le VTU-R doit examiner toutes les composantes d'échantillons d'erreurs échantillonnés dans chaque bloc et déterminer, pour chaque composante ec ($ec = 1$ à $2 \times F_block$), un paramètre d'échelle s_{ec} dépendant des données, qui est défini comme étant l'indice de bit de signe de la représentation en complément à 2 la plus courte de la composante.

Ainsi, comme l'illustre la Figure 7-4, la première composante de l'échantillon d'erreurs échantillonné, dont la représentation en complément à 2 sur 11 bits est 11110010101, a pour plus courte représentation 10010101; son échelle est donc $s_1 = 7$. De même, la deuxième composante 00000010010 a pour plus courte représentation 010010 et a donc pour échelle $s_2 = 5$.

Le VTU-R calcule ensuite pour chaque bloc le paramètre d'échelle de bloc $S = \max_{ec}(s_{ec})$, qui est dépendant des données et dont l'indice de maximisation ec couvre l'ensemble des composantes d'échantillon du bloc ayant la valeur $2 \times F_block$.

La Figure 7-4 propose un exemple à cet égard, dans lequel $F_block = 1$ et le paramètre d'échelle de bloc S prend la valeur la plus élevée entre s_1 et s_2 , soit $S = 7$.

Si $padding = 0$, pour chaque bloc de la bande vectorielle considérée, le VTU-R doit fixer la valeur suivante:

$$B_M = \max(S, B_min), \quad B_L = \max(B_M - L_w + 1, B_min) \quad (7-1)$$

Si $padding = 1$, pour chaque bloc de toutes les bandes vectorielles, le VTU-R doit fixer soit $B_M = \max(S, L_w - 1)$ (bourrage par des bits de signe), soit $B_M = S$ (bourrage par des zéros);

et

$$B_L = B_M - L_w + 1 \text{ (les bits étant fixés à 0 pour les indices de bit } < 0 \text{)}. \quad (7-2)$$

Les paramètres B_M et B_L doivent toujours satisfaire les relations $B_L \leq B_M$ et $0 \leq B_M \leq B_max$.

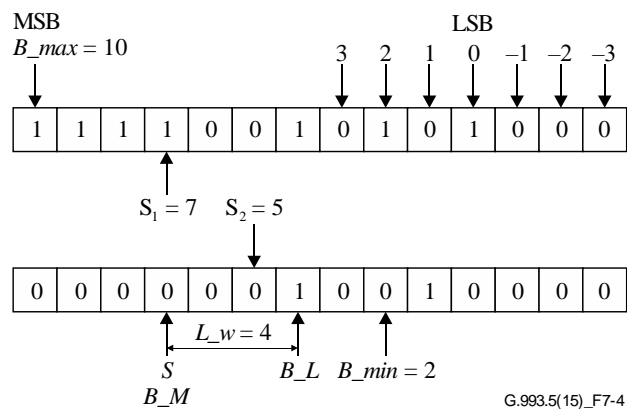


Figure 7-4 – Exemple de deux registres représentant chacun une composante d'échantillon d'erreurs écrêté

La Figure 7-5 offre un exemple de bits transmis (en couleur) pour un bloc d'échantillons d'erreurs écrêtés et pour différents types de bourrage, avec $F_block = 1$, $B_min = 1$, $B_max = 7$, $L_w = 5$.

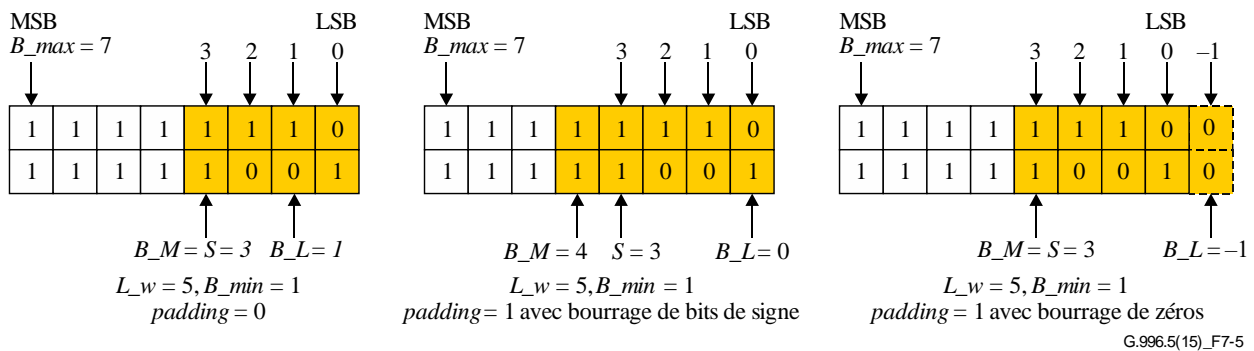


Figure 7-5 – Exemple de bits transmis pour un bloc d'échantillons d'erreurs écrêtés et pour différents types de bourrage

Pour toute valeur attribuée à F_block , le bloc se compose d'échantillons d'erreurs écrêtés transmis aux F_block sous-porteuses suivantes parmi les sous-porteuses réservées à la transmission dans la bande vectorielle en aval. Les sous-porteuses sont attribuées aux blocs en partant de celle qui a la fréquence la plus basse dans la bande vectorielle, puis les F_block sous-porteuses suivantes de chaque bloc dans l'ordre croissant. Le nombre de blocs de la bande vectorielle vb peut se calculer de la manière suivante:

$$N_block(vb) = \left\lfloor \frac{\left\lceil \frac{N_carrier(vb)}{F_sub(vb)} \right\rceil}{F_block} \right\rfloor$$

Les blocs doivent être identifiés par leur numéro: $eb = 0$ à $N_block(vb) - 1$. Chaque numéro est attribué dans l'ordre croissant des indices de sous-porteuse associés au bloc. Les dernières composantes du dernier bloc qui n'appartiennent pas aux sous-porteuses de la bande vectorielle en aval (s'il en existe) doivent prendre des valeurs fictives qui représentent la valeur nulle.

7.2.3 Format du canal de retour

Pour chaque symbole de synchronisation, il faut envoyer un nombre entier d'octets par le canal de retour.

Le nombre d'octets par symbole nécessaires pour transmettre les échantillons d'erreurs échantillonnés dépend des valeurs configurées par la VCE dans les paramètres de commande du canal de retour (voir § 7.2.2). Les blocs d'échantillons d'erreurs échantillonnés (blocs d'erreurs) des bandes vectorielles en aval sont mappés dans le bloc de rapport d'erreurs (ERB).

Chaque ERB est associé à un symbole particulier du signal O-P-VECTOR 2-1 (voir § 10.4.3.7). L'ERB a un format unique qui est ensuite encapsulé:

- au format Ethernet (pour un canal de retour dans la couche 2); ou
- au format eoc (pour un canal de retour transitant par un canal d'exploitation intégré); ou
- au format SOC (pour un canal de retour transitant par un canal d'exploitation spécial).

Le symbole de synchronisation associé à l'ERB est identifié par la valeur fournie par son compteur de symboles de synchronisation (pour un canal de retour dans la couche 2 ou dans un eoc en phase active) ou par l'horodatage de la transmission (pour un canal de retour dans un SOC pendant l'initialisation).

7.2.3.1 Format du bloc de rapport d'erreurs

Le format du bloc de rapport d'erreurs (ERB) est présenté dans la Figure 7-6. Ce bloc commence par un champ ERB_ID de 8 bits, suivi d'un maximum de huit champs attribués à des blocs de bandes vectorielles (VBB). Le VTU-R peut attribuer la valeur 1 au bit de plus fort poids (MSB) du champ ERB_ID pour indiquer que les échantillons d'erreurs échantillonnés de l'ERB peuvent être corrompus (par exemple en cas de bruit impulsionnel ou de brouillage radioélectrique). Dans tous les autres cas, il lui attribue la valeur 0. Les sept bits de plus faible poids (LSB) du champ ERB_ID doivent être fixés à 0 et sont réservés à l'UIT-T. Le nombre d'octets de l'ERB (N_ERB) est la somme du nombre d'octets dans chaque VBB, plus un octet pour le champ ERB_ID. La concaténation des VBB dans un ERB doit être effectuée dans l'ordre croissant des numéros de bande vectorielle, c'est-à-dire en commençant par la bande vectorielle associée aux indices de sous-porteuses les plus faibles. Certaines bandes vectorielles peuvent ne pas être transmises à la demande de la VCE (c'est-à-dire que l'ERB ne doit pas contenir de VBB pour les bandes vectorielles dont le paramètre $L_w = 0$ selon la configuration établie par la VCE).

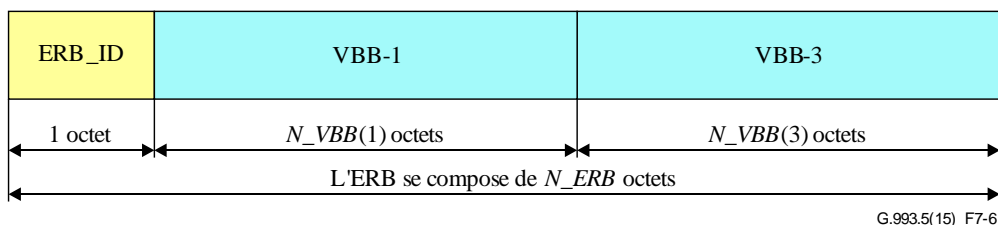


Figure 7-6 – Format de l'ERB (uniquement lorsque les bandes vectorielles 1 et 3 sont demandées par la VCE)

Le format d'un bloc de bandes vectorielles (VBB) est présenté dans la Figure 7-7. Chaque VBB commence par un champ VBB_ID de 8 bits, suivi d'un champ VBB_Aux, puis de blocs d'erreurs concaténés, et finit par un bourrage de 0, 2, 4 ou 6 bits pour que la longueur du VBB corresponde à un nombre entier d'octets (il ne peut y avoir de nombre impair de bits de bourrage). Les trois bits de plus fort poids (MSB) du champ VBB_ID doivent comporter le numéro de la bande vectorielle (000 pour VBB-0, 001 pour VBB-1, ... jusqu'à 111 pour VBB-7). Les cinq bits de plus faible poids (LSB) du champ VBB_ID doivent être fixés à 0 et sont réservés à l'UIT-T. Les blocs d'erreurs doivent être concaténés dans un VBB dans l'ordre croissant: le premier bloc de la bande vectorielle est celui qui contient les échantillons d'erreurs échantillonnés des sous-porteuses ayant les indices les plus faibles et doit être transmis en premier.

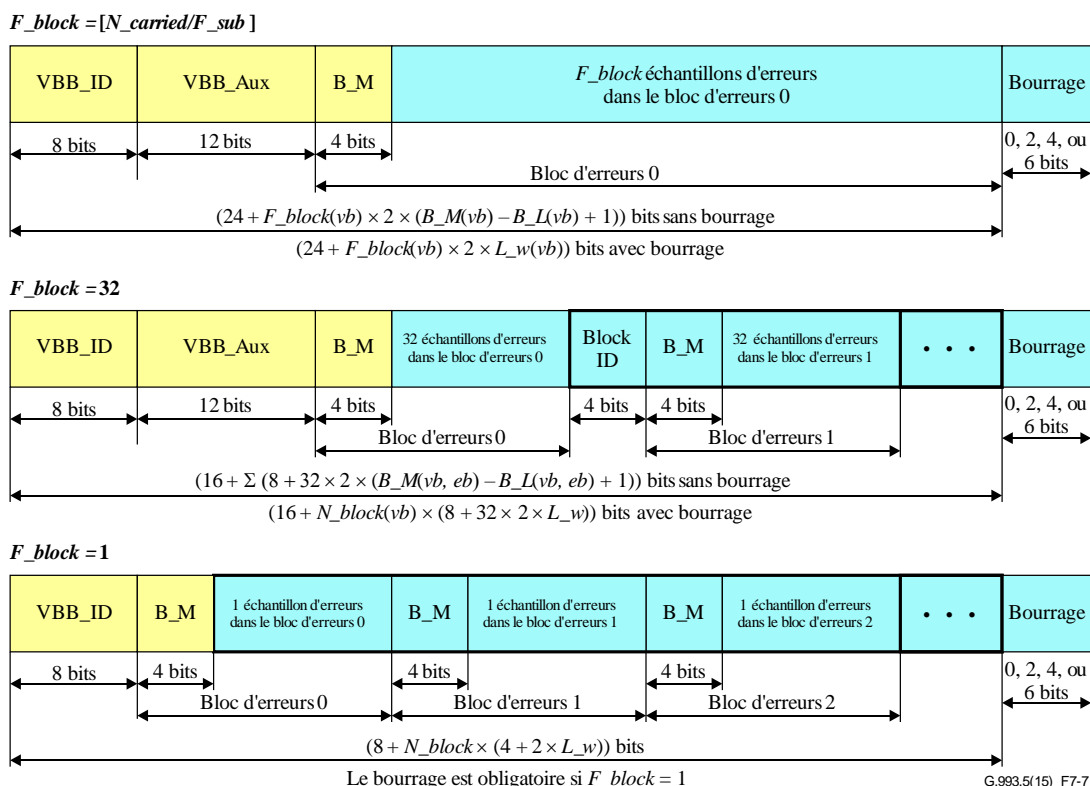


Figure 7-7 – Format d'un VBB selon le champ F_block

Le format du bloc d'erreurs est défini au § 7.2.3.2.

Si $F_block = 32$, un champ Block_ID doit être placé au début de chaque bloc d'erreurs, en commençant par le bloc d'erreurs numéro 1. Il ne faut pas insérer de champ Block_ID juste avant le bloc d'erreurs 0. Le champ Block_ID doit avoir une longueur de 4 bits et doit représenter modulo 16 le nombre de blocs d'erreurs qu'il précède sous forme d'entier non signé. On suppose que le premier bloc de la bande vectorielle porte le numéro 0.

Si $F_block = 1$ ou $\left\lceil \frac{N_carrier}{F_sub} \right\rceil$, il ne faut pas insérer de champ `Block_ID`.

NOTE 1 – La VCE peut identifier un VBB dans l'ERB qu'elle a reçu en lisant son champ `VBB_ID`, puis en calculant le nombre de blocs d'erreurs, $N_block(vb)$, présents dans le champ `VBB-vb` conformément aux dispositions du § 7.2.2.2, car tous les paramètres de commande du canal de retour sont connus du côté du central. La longueur du bloc d'erreurs est calculée au regard des paramètres (B_M , B_L) de l'échantillon d'erreurs échantillonné et de la taille du bloc F_block . Le premier échantillon transmis dans le premier bloc d'erreurs de la bande vectorielle correspond à la sous-porteuse d'indice X_L (qui est toujours pair).

NOTE 2 – Lorsque $F_block = 32$, la fin de chaque bloc d'erreurs est alignée à l'octet. Aucun bit de bourrage n'est ajouté à la fin du VBB.

Le champ `VBB_Aux` doit servir à communiquer la valeur de l'erreur moyenne (ME) selon le format défini dans le Tableau 7-3. L'erreur moyenne pour une bande vectorielle vb doit être calculée de la manière suivante:

$$ME(vb) = \left\lceil \frac{N_carrier(vb)}{F_sub(vb)} \right\rceil_{-1} \sum_{n=0} \left(|e_x(X_L(vb) + n \times F_sub(vb))| + |e_y(X_L(vb) + n \times F_sub(vb))| \right)$$

où $e_x(sc)$ et $e_y(sc)$ sont les composantes réelle et imaginaire de l'erreur normalisée estimée sur la sous-porteuse sc (voir Figure 7-3).

La valeur échantillonnée et quantifiée de $ME(vb)$ doit être représentée de la manière suivante:

$$MEq(vb) = \min \left(\left\lfloor ME(vb) \times 2^{ME_N_max-1} \right\rfloor, 2^{ME_B_max-1} \right)$$

où $ME_N_max = 12$ et $ME_B_max = 22$.

La valeur de MEq doit être transmise au moyen d'un exposant sur 4 bits et d'une mantisse sur 8 bits, comme pour les composantes d'un échantillon d'erreurs échantillonné. Le VTU-R doit calculer l'échelle ME_S , définie comme l'indice du bit le plus élevé de MEq qui n'est pas un bit de bourrage par signe. La mantisse se compose des 8 bits portant les indices dégressifs ME_B_M à ME_B_L . Les valeurs de ME_B_M et ME_B_L doivent être calculées au niveau du VTU-R de la manière suivante:

$$ME_B_M = \max(ME_S, 7), \text{ et}$$

$$ME_B_L = ME_B_M - 7$$

Tableau 7-3 – Format du champ `VBB_Aux`

Paramètre	Nombre de bits	Description
<code>ME_EXP</code>	[11:8]	Valeur de ME_B_L sur 4 bits
<code>ME_MANT</code>	[7:0]	Mantisse de MEq sur 8 bits

7.2.3.2 Format du bloc d'erreurs

La représentation d'un bloc d'erreurs contenant F_block échantillons d'erreurs échantillonnés ($2 \times F_block$ composantes d'échantillons d'erreurs échantillonnés dans F_block sous-porteuses) doit comporter un champ B_M (sur 4 bits) et un champ d'erreur (de longueur variable), voir Figure 7-8. Le champ d'erreur comporte F_block sous-champs qui contiennent chacun un échantillon d'erreurs échantillonné complexe provenant d'une sous-porteuse réservée à la transmission dans la configuration du canal de retour (voir § 7.2.2).

Pour toute composante d'un échantillon d'erreurs échantillonné, la représentation compressée au sens du § 7.2.2.2 ne contient que les bits de cette composante ayant les indices B_L à B_M . On applique la convention selon laquelle le bit de plus fort poids (MSB) de la représentation compressée de la composante porte l'indice B_{max} et que le bit de plus faible poids (LSB) de cette représentation compressée porte l'indice B_{min} . Dès lors, le nombre total de bits du champ d'erreur d'un bloc contenant des échantillons d'erreurs échantillonnés dans une représentation compressée doit être de $2 \times F_{block} \times (B_M - B_L + 1)$.

Les champs B_M doivent comporter un paramètre B_M représenté par un entier non signé de 4 bits dont la valeur est comprise entre 0 et 15.

NOTE – Le paramètre B_L n'est pas transmis car la VCE peut le calculer à partir des paramètres de commande de l'échantillon d'erreurs échantillonné (voir les équations 7-1 et 7-2) et de la valeur du paramètre B_M transmis.

Le format du bloc d'erreurs est présenté dans la Figure 7-8. Tous les paramètres et les échantillons d'erreurs échantillonnés doivent être mappés avec le MSB du côté gauche afin que le MSB soit transmis en premier (c'est-à-dire que le premier bit émis est le MSB du champ B_M).

Les échantillons d'erreurs échantillonnés dans le champ d'erreur doivent être mappés par ordre croissant d'indice des sous-porteuses de gauche à droite. Pour chaque échantillon, la composante (réelle) q_x doit être mappée à gauche de la composante (imaginaire) q_y .

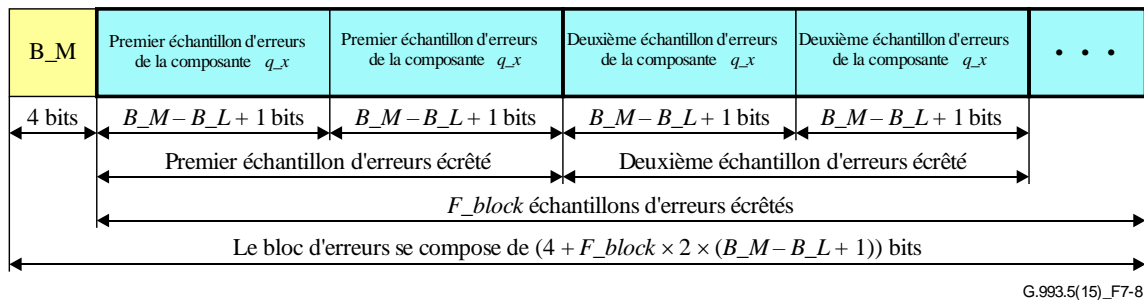


Figure 7-8 – Format d'un bloc d'erreurs

7.2.3.3 Débit de données sur le canal de retour (à titre informatif)

Si $F_{block} = \left\lceil \frac{N_{carrier}}{F_{sub}} \right\rceil$, le nombre d'octets du champ VBB- vb illustré dans les Figures 7-6, 7-7 et 7-8 est le suivant:

$$N_{VBB}(vb) = \left\lceil \frac{24 + F_{block}(vb) \times 2 \times (B_M(vb) - B_L(vb) + 1)}{8} \right\rceil$$

où $B_M(vb)$ représente le paramètre B_M et $B_L(vb)$ représente le paramètre B_L pour la bande vectorielle portant le numéro vb .

Il convient de noter que cette valeur n'est généralement pas fixée, et qu'elle peut donc être différente d'un rapport d'erreurs à l'autre selon les valeurs exactes des échantillons d'erreurs échantillonnés. En revanche, si l'on a recours à du bourrage (voir Tableau 7-1), le nombre d'octets du champ VBB- vb ne dépend que des paramètres de commande de l'échantillon d'erreurs échantillonné, et non des valeurs de cet échantillon:

$$N_{VBB}(vb) = \left\lceil \frac{24 + F_{block}(vb) \times 2 \times L_w(vb)}{8} \right\rceil$$

Si $F_block = 32$, le nombre d'octets du champ VBB- vb illustré dans les Figures 7-6 et 7-8 est le suivant:

$$N_VBB(vb) = 2 + \sum_{eb=0}^{N_block(vb)-1} (1 + 8 \times (B_M(vb, eb) - B_L(vb, eb) + 1))$$

où $B_M(vb, eb)$ représente le paramètre B_M et $B_L(vb, eb)$ représente le paramètre B_L pour le bloc d'erreurs portant le numéro eb dans la bande vectorielle portant le numéro vb .

Il convient de noter que cette valeur n'est généralement pas fixée, et qu'elle peut donc être différente d'un rapport d'erreurs à l'autre selon les valeurs exactes des échantillons d'erreurs échantillés. En revanche, si l'on a recours à du bourrage (voir Tableau 7-1), le nombre d'octets du champ VBB- vb ne dépend que des paramètres de commande de l'échantillon d'erreurs échantillé, et non des valeurs de cet échantillon:

$$N_VBB(vb) = 2 + N_block(vb) \times (1 + 8 \times L_w(vb))$$

Si $F_block = 1$, on a recours à du bourrage et le nombre d'octets du champ VBB- vb ne dépend que des paramètres de commande de l'échantillon d'erreurs échantillé, et non des valeurs de cet échantillon:

$$N_VBB(vb) = \left\lceil \frac{8 + N_block(vb) \times (4 + 2 \times L_w(vb))}{8} \right\rceil$$

Le nombre d'octets de l'ERB (N_ERB) peut être calculé ainsi:

$$N_ERB = 1 + \sum_{vb=0}^{N_band-1} report(vb) \times N_VBB(vb)$$

où $report(vb) = 1$ si le champ VBB- vb est intégré dans l'ERB (c'est-à-dire que $L_w > 0$ pour la bande portant le numéro vb), et $report(vb) = 0$ si le champ VBB- vb n'est pas intégré dans l'ERB (c'est-à-dire que $L_w = 0$ pour la bande portant le numéro vb).

Le débit de données sur le canal de retour (BDR) permettant de transmettre le bloc de rapport d'erreurs pour chaque symbole de synchronisation est le suivant:

$$BDR = 8 \times N_ERB \times (f_{DMT} / 257)$$

où f_{DMT} est le débit de symboles (en symboles/s) défini au § 10.4.4 de [UIT-T G.993.2].

Le BDR n'est pas défini si l'on n'emploie pas de bourrage. Dans ce cas, N_ERB varie d'un rapport d'erreurs à l'autre.

7.2.4 Identification de l'ERB pendant la phase active

Pour chacun des compteurs de symbole de synchronisation communiqués par le VTU-O, le VTU-R doit émettre un seul bloc de rapport d'erreurs (ERB). Pour chaque ERB, le VTU-R doit aussi transmettre le compteur de symboles de synchronisation vers l'aval (défini au § 7.3.2) pour identifier le symbole de synchronisation en aval auquel l'ERB correspond. Le VTU-O doit communiquer ces compteurs de symbole de synchronisation en se servant des paramètres de commande du repérage temporel suivants:

- la fréquence de mise à jour des échantillons d'erreurs (m);
- la fréquence de déplacement des échantillons d'erreurs (z).

La fréquence de mise à jour des échantillons d'erreurs prend la valeur m si les échantillons d'erreurs doivent être transmis à chaque $m^{\text{ème}}$ symbole de synchronisation, c'est-à-dire pour les positions de symbole de synchronisation telles que le compteur de symboles de synchronisation $SSC = m \times P + k$, où P est n'importe quel entier compris entre 0 et $\lfloor (N_SSC - 1 - k) / m \rfloor$ et k est le décalage, qui est un entier compris entre 0 et $m-1$. Une fois que le compteur de symboles de synchronisation (SSC) s'est arrêté à la valeur de N_SSC-1 , le compteur suivant pour lequel l'ERB doit être transmis est $SSC = k$ (on obtient ce compteur en fixant $P = 0$).

Le VTU-R doit fixer $k = 0$ pour le premier rapport transmis après avoir reçu la demande d'informations d'erreurs envoyée par le VTU-O. Ce rapport doit être transmis dès le premier symbole de synchronisation disponible dont le compteur SSC est un multiple de m après réception de la demande d'ERB (voir § 8.1). Si $z > 0$, le VTU-R doit ajouter 1 à la valeur de k après chaque fréquence de déplacement des échantillons d'erreurs de z rapports, et il doit arrêter k à $m-1$.

Si $m = 1$, le VTU-R doit transmettre un rapport pour chaque symbole de synchronisation. La valeur $m = 0$ de la fréquence de mise à jour des échantillons d'erreurs est particulière: elle doit servir à signaler que le VTU-R doit arrêter de transmettre les rapports sur les échantillons d'erreurs. La fréquence de déplacement des échantillons d'erreurs z ne peut être non nulle que si $m > 1$. Elle prend la valeur nulle $z = 0$ si aucun déplacement des échantillons d'erreurs ne doit être effectué et si $m = 1$.

NOTE 1 – Les paramètres m et z doivent être fixés de telle sorte que les rapports sur les échantillons d'erreurs soient transmis au moins une fois pour tous les bits de la séquence pilote après un certain temps.

NOTE 2 – Si par exemple $N_SSC = 1024$, $m = 3$ et le premier rapport est envoyé à $SSC = 6$, les rapports sont envoyés pour les compteurs de symboles de synchronisation suivants:

$m = 3$ et $z = 0$ alors $SSC = 6, 9, \dots, 1020, 1023, 0, 3, 6, 9, \dots$

$m = 3$ et $z = 128$ alors $SSC = 6, 9, \dots, 128 \times 3, 129 \times 3, 130 \times 3 + 1, 131 \times 3 + 1, \dots, 257 \times 3 + 1, 258 \times 3 + 2, 259 \times 3 + 2, \dots, 340 \times 3 + 2, 2, 5, \dots, 44 \times 3 + 2, 45 \times 3, 46 \times 3, 47 \times 3, \dots$

Les valeurs des paramètres de commande du repérage temporel sont indiquées dans le Tableau 7-4.

Tableau 7-4 – Valeurs des paramètres de commande du repérage temporel

Paramètre	Valeurs reconnues pour la VCE	Valeur que le VTU-R doit obligatoirement prendre en charge
m	0, 1, 2, ..., 63, 64	Toutes les valeurs reconnues
z	Si $m > 1$: 0, 2, ..., 254, 255, 256 Si $m \leq 1$: 0	Toutes les valeurs reconnues

7.3 Exigences de la méthode des vecteurs vers l'amont pour le VTU-R

Le VTU-R doit être conforme aux dispositions de [UIT-T G.993.2], avec les exceptions et les prescriptions supplémentaires indiquées dans la présente Recommandation.

Pour que la VCE puisse effectuer les tâches décrites au § 6.1, le VTU-R doit prendre en charge les exigences indiquées dans les paragraphes suivants.

7.3.1 Alignement des symboles

Lorsqu'ils sont pilotés par la VCE, tous les VTU-R du groupe vectoriel doivent utiliser le même espacement de sous-porteuse et débit de symbole.

NOTE – La VCE peut veiller à l'alignement des symboles de différentes lignes du groupe vectoriel au point de référence U-O2 (défini dans la Figure 5-4 de [UIT-T G.993.2]) en réglant l'avance de rythme (TA) de ces lignes au cours de l'initialisation (voir le § 10).

7.3.2 Position des symboles de synchronisation

Le VTU-R doit être capable de transmettre des symboles de synchronisation conformes au § 10.2 de [UIT-T G.993.2]. Il doit transmettre les positions temporelles des symboles de synchronisation attribuées par la VCE qui lui sont communiquées au cours de l'initialisation. La position temporelle des symboles de synchronisation en amont est définie par un décalage entre les positions des symboles de synchronisation en amont et en aval.

Ce décalage est défini par la VCE et envoyé au VTU-R dans le message O-SIGNATURE.

La VCE peut configurer tous les VTU-R du groupe vectoriel de manière à transmettre les symboles de synchronisation en amont aux mêmes positions temporelles ou à des positions temporelles différentes, pour un ou plusieurs VTU-R du groupe vectoriel.

Le VTU-R doit conserver un compteur de symboles de synchronisation en aval (MODULO N_{SSC}), qui décomptera en permanence les symboles pendant la phase active. Le VTU-R doit fixer la valeur du compteur du premier symbole de synchronisation en aval transmis pendant la phase active en reprenant la valeur du champ First SSC dans la première commande Error Feedback reçue (voir le Tableau 8-3). Avant la réception de cette première commande, la valeur du compteur de symboles de synchronisation en aval correspondant au premier symbole de synchronisation en aval transmis pendant la phase active dépend du fournisseur.

NOTE – Ce réglage en début de phase active permet de synchroniser le compteur de symboles de synchronisation en aval avec le VTU-O et la VCE (voir § 6.2.2).

7.3.3 Modulation d'une séquence pilote

Le VTU-R doit être capable de moduler une séquence pilote vers l'amont conforme aux spécifications de la VCE sur toutes les sous-porteuses (voir § 10.3.4.1) et les tonalités de sondage (voir § 3.2.10) des symboles de synchronisation vers l'amont au cours de l'initialisation. La séquence pilote vers l'amont, qui dépend du fournisseur, est déterminée par la VCE; elle est de longueur N_{pilot_ds} et elle est envoyée au VTU-R dans le message O-SIGNATURE au moment de l'initialisation. Les bits de la séquence pilote sont indexés de 0 à $N_{pilot_us} - 1$. Le bit d'indice 0 doit être transmis en premier; il est suivi du bit d'indice 1 et ainsi de suite jusqu'au bit dont l'indice est $N_{pilot_us} - 1$. Si l'option intitulée *pilot sequence length multiple of 4* ("la longueur de la séquence pilote est un multiple de 4") est activée (voir § 10.2), la chaîne N_{pilot_us} ne peut prendre comme valeur que des multiples de 4 entre 8 et 512. Dans le cas contraire, la chaîne N_{pilot_us} ne peut accepter que des puissances de 2 comprises entre 8 et 512. La séquence pilote doit être répétée de manière cyclique après N_{pilot_us} bits, sauf si la VCE a modifié la séquence pilote vers l'amont selon la procédure définie au § 8.2.

La position temporelle de la séquence pilote vers l'amont est déterminée par la VCE et elle est communiquée au VTU-R au cours de l'initialisation par des marqueurs spéciaux (voir § 10.3.3.5). Les sous-porteuses des symboles de synchronisation vers l'amont doivent être modulées par les bits de la séquence pilote vers l'amont qui correspondent à la position temporelle de cette séquence.

La position des symboles de synchronisation en amont au cours de la phase active est définie au § 10.6.

La modulation d'une séquence pilote sur les tonalités de sondage (voir § 3.2.10) des symboles de synchronisation est définie par le fait que les bits de trame de synchronisation modulés sur les tonalités de sondage sont fixés soit à 00 (si le bit de la séquence pilote est ZÉRO), soit à 11 (si le bit de la séquence pilote est UN). Sur les tonalités d'un symbole de synchronisation particulier, le bit de la séquence pilote doit avoir une périodicité de 10 tonalités (compte tenu à la fois des tonalités de sondage et de fanion).

Si la séquence pilote dépendant des fréquences vers l'amont (FDPS vers l'amont) est activée selon les modalités prévues dans [UIT-T G.994.1], il faut définir huit séquences pilotes portant les indices 0 à 7. Les séquences pilotes numéro (0,1,2,3,4,5,6,7) doivent être modulées respectivement sur les indices de tonalité $10n+(0,2,3,4,5,6,8,9)$. Les huit séquences doivent toutes être de même longueur N_{pilot_us} . Toutes les séquences pilotes doivent commencer à la même position de symbole de synchronisation.

Les bits de la trame de synchronisation modulés sur les tonalités de fanion (voir § 3.2.6) sont employés dans l'émission d'un fanion de synchronisation au sens du § 10.5.3 de [UIT-T G.993.2]. La trame de synchronisation doit être modulée sur un symbole de synchronisation au sens du § 10.5 de [UIT-T G.993.2] (y compris l'embrouillage du quadrant de toutes les sous-porteuses de l'ensemble MEDLEY, quels que soient le fanion ou la tonalité de sondage).

7.4 Exigences du système NT

La terminaison de réseau (NT, voir Figure 5-1) doit prendre en charge la méthode des vecteurs vers l'aval.

7.4.1 Encapsulage des données du canal de retour dans l'Ethernet de couche 2

Si la VCE choisit d'utiliser ce type d'encapsulage, les données du canal de retour doivent être encapsulées de la manière définie ci-après.

Dans la terminaison de réseau, les échantillons d'erreurs écrêtés sont d'abord envoyés du VTU-R au bloc fonctionnel de couche 2 et au-dessus (L2+), où ils sont encapsulés dans le protocole de transport de la couche 2 et multiplexés dans l'un des flux de données transitant par un réseau Ethernet en amont (ou Ethernet sur réseau ATM).

L'encapsulage sur le réseau Ethernet est fondé sur [IEEE 802.3] et doit être conforme aux dispositions du présent paragraphe.

L'encapsulage dans la trame Ethernet de couche 2 doit comporter les champs suivants:

- L'adresse MAC de destination, qui doit être l'adresse MAC de la VCE.
- L'adresse MAC source, qui doit être l'adresse MAC du VTU-R.
- Le champ de longueur (Length, voir le format de trame MAC défini dans [IEEE 802.3]).
- Le codage de l'en-tête de l'unité LLC PDU pour le protocole SNAP (3 octets, AA-AA-03).
- L'en-tête de l'unité SNAP PDU (3 octets, identifiant OUI de l'UIT 00-19-A7) + un identifiant de protocole (2 octets, sous-type UIT 00-03) pour un protocole PRIVATE.
- Les données de la charge utile du protocole (Line_ID, Sync Symbol Count, Segment Code et Backchannel Data).
- Le bourrage (uniquement pour le dernier segment et conformément au format de trame MAC défini dans [IEEE 802.3]).
- Une séquence de contrôle de trame (FCS) Ethernet normalisée sur 4 octets (conformément à la FCS Ethernet définie dans [IEEE 802.3]).

Le champ d'adresse MAC de la VCE doit contenir l'adresse MAC de la VCE telle que la VCE l'a configurée dans le message O-PMS (voir § 10.5.2.1). Les données concernant la charge utile du protocole doivent comporter le champ Line_ID (tel que configuré par la VCE dans le message O-PMS, voir § 10.5.2.1), le compteur de symboles de synchronisation (défini au § 7.2.4), le code de segment (défini dans [UIT-T G.993.2]) et le bloc de rapport d'erreurs sur les données du canal de retour (défini au § 7.2.3). Le champ de longueur (Length) doit être égal à la longueur des données de la charge utile du protocole, à laquelle s'ajoute la longueur de l'en-tête de la LLC SNAP sur 8 octets; il ne doit pas être supérieur à $1024+8=1032$ octets. Si les données de la charge utile sont supérieures à 1024 octets, l'ERB sur les données du canal de retour doit être segmenté conformément aux

dispositions du § 11.2.3.1 de [UIT-T G.993.2]. L'ERB peut également être segmenté lorsque la longueur des données de la charge utile est inférieure ou égale à 1024 octets. S'il y a segmentation, chaque segment de l'ERB doit être encapsulé pour un réseau Ethernet de couche 2 comme le montre la Figure 7-9, et le nombre de segments ne doit pas être supérieur à 16 par ERB.

Le format de l'ERB sur les données du canal de retour encapsulé pour un réseau Ethernet est illustré dans la Figure 7-9.

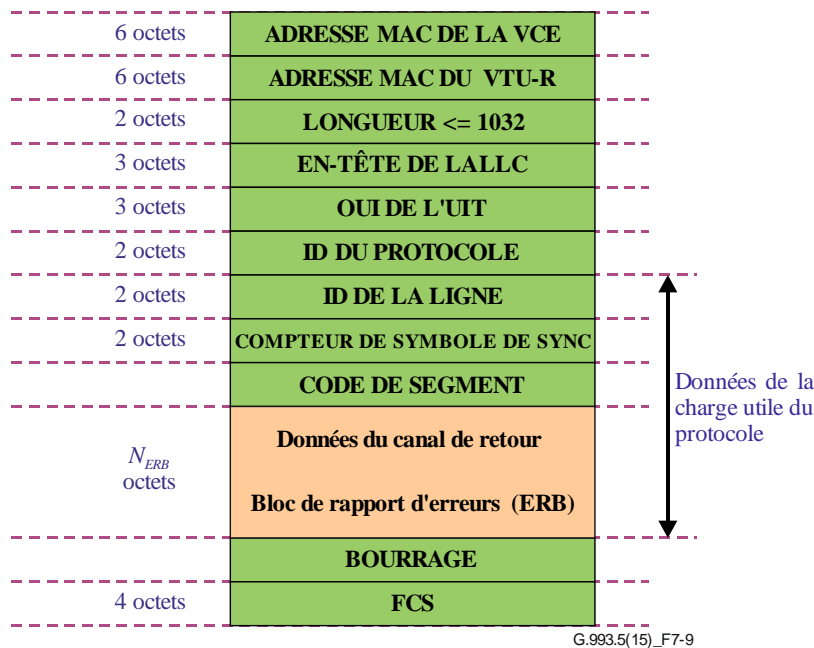


Figure 7-9 – Format de l'encapsulation Ethernet du message contenant les données du canal de retour

7.4.2 Encapsulation eoc des données du canal de retour

Si la VCE choisit d'utiliser ce type d'encapsulation, les données du canal de retour doivent être communiquées selon le protocole du canal d'exploitation intégré (eoc) décrit au § 8.1.

8 Messages eoc propres à la méthode des vecteurs

La VME des VTU-O et des VTU-R doit utiliser les commandes du canal d'exploitation intégré (eoc) et les réponses définies dans le présent paragraphe pour prendre en charge la méthode des vecteurs. Aux fins de ces commandes et réponses, le VTU-O et le VTU-R doivent tous deux utiliser le protocole eoc normalisé pour communiquer des messages conformément au § 11.2.2 de [UIT-T G.993.2], ainsi que le protocole de commandes et de réponses défini au § 11.2.3 de [UIT-T G.993.2], sauf pour le protocole de la commande Error Feedback (retour d'informations sur les erreurs) et de ses réponses, qui doit être conforme à la définition du § 8.1.

La liste des commandes eoc supplémentaires permettant de faciliter le fonctionnement des lignes vectorielles est présentée dans le Tableau 8-1 (priorité élevée) et le Tableau 8-2 (priorité normale).

Tableau 8-1 – Commandes et réponses de priorité élevée

Type de commande et valeur attribuée	Sens de la commande	Contenu de la commande	Contenu de la réponse
Error Feedback 0001 1000 ₂	Du VTU-O au VTU-R	Demande d'échantillons d'erreurs pour la bande vectorielle et le format considérés	Échantillons d'erreurs encapsulés selon le protocole eoc et paramètres connexes, ou messages ACK ou NACK

Tableau 8-2 – Commandes et réponses de priorité normale

Type de commande et valeur attribuée	Sens de la commande	Contenu de la commande	Contenu de la réponse
Mise à jour de la séquence pilote 0001 0001 ₂	Du VTU-O au VTU-R	Demande de mise à jour de la séquence pilote vers l'amont	Accusé de réception

8.1 Messages eoc pour configurer le canal de retour

La VME du VTU-O doit utiliser la commande Error Feedback et ses réponses pour obtenir des échantillons d'erreurs échantillonnés de la part de la VME du VTU-R et pour mettre à jour les paramètres de commande du canal de retour. La commande (demande d'échantillons d'erreurs échantillonnés) ne peut être déclenchée que par le VTU-O et doit utiliser le format illustré dans le Tableau 8-3. Le VTU-R doit répondre en envoyant des échantillons d'erreurs échantillonnés correspondant aux sous-porteuses demandées et au format demandé, ou des messages ACK (si les échantillons d'erreurs sont communiqués par un canal de retour sur un réseau Ethernet de couche 2) ou NACK. Les messages NACK contiennent un code de rejet expliquant le refus de la demande. Avant d'envoyer les messages NACK, la VME du VTU-R doit suspendre l'envoi d'échantillons d'erreurs échantillonnés jusqu'à ce qu'elle ait reçu une nouvelle commande Error Feedback contenant des paramètres reconnus de canal de retour et de commande de rapport d'erreurs. Le VTU-R doit utiliser le format du message de réponse décrit dans les Tableaux 8-6 ou 8-7. Les codes de rejet doivent être conformes aux indications du Tableau 8-8.

Le premier octet de la commande et de la réponse doit contenir la valeur attribuée pour le type de commande Error Feedback, comme indiqué au Tableau 8-1. Le deuxième octet et les octets suivants doivent être conformes aux indications des Tableaux 8-3 pour la commande et 8-6 et 8-7 pour les réponses. Les octets des données ainsi communiquées doivent être mappés en respectant le format générique décrit au § 11.2.3.1 de [UIT-T G.993.2].

Le VTU-O envoie une commande Error Feedback pour demander au VTU-R de commencer à envoyer des échantillons d'erreurs échantillonnés avec des paramètres particuliers. Cette commande contient les indications suivantes:

- la fréquence de mise à jour des échantillons d'erreurs (m);
- la fréquence de déplacement des échantillons d'erreurs (m);
- la fourchette des indices de sous-porteuses à prendre en compte dans le rapport (en fonction des bandes vectorielles en aval); et
- les paramètres de commande du rapport d'erreurs (F_{sub} , F_{block} , B_{min} , B_{max} , L_w , etc.).

Dès qu'il reçoit la commande, le VTU-R doit soit commencer à envoyer des échantillons d'erreurs écrêtés (dans des messages de données de type Error Feedback conformes aux indications du Tableau 8-6 pour ce qui concerne le canal de retour eoc, et aux indications du Tableau 8-7 pour ce qui concerne le canal de retour Ethernet de couche 2), soit répondre par un message NACK (conformément aux indications du Tableau 8-8). Le premier message de données envoyé en réponse à la commande Error Feedback est un message ACK indiquant que la commande a été acceptée. Il est possible d'envoyer d'autres messages de données en réponse à cette commande en cas de besoin (soit sous forme de messages eoc ultérieurs, soit sous forme de paquets Ethernet de couche 2). L'envoi de messages de données en réponse à la commande Error Feedback est déclenché par le décompte de symboles de synchronisation destiné à la mise à jour des échantillons d'erreurs lorsque ce décompte est demandé dans la commande Error Feedback (fréquence de mise à jour et fréquence de déplacement). Si la fréquence de mise à jour est supérieure à 1, le VTU-R doit mettre à jour les échantillons d'erreurs lorsque le décompte de symboles de synchronisation atteint la valeur exacte indiquée par le VTU-O.

Les messages de données envoyés en réponse à la commande Error Feedback ne donnent pas lieu à un accusé de réception. Si un message de ce type est supérieur à 1024 octets, il doit être segmenté selon les dispositions du § 11.2.3.1 de [UIT-T G.993.2], le nombre maximum de segments ne devant pas être supérieur à 16. Les segments doivent être envoyés sans attendre de message IACK. Le VTU-R ne doit pas retransmettre les messages de données Error Feedback, ni leurs segments. Si le VTU-O ne reçoit pas de réponse (message ACK), il peut envoyer une autre commande Error Feedback, éventuellement avec d'autres paramètres de commande. Le VTU-R doit continuer à envoyer des messages de données Error Feedback tant qu'il n'a pas reçu de fanion de synchronisation après une commande OLR. Si pendant le délai imparti pour envoyer un message de données Error Feedback, le canal eoc est occupé par un autre message de priorité élevée (par exemple une commande OLR), le VTU-R doit abandonner le message de données et passer au message suivant.

Au début de la phase active, le VTU-R ne doit pas envoyer d'échantillon d'erreurs écrêté tant qu'il n'a pas reçu de commande Error Feedback accompagnée d'un jeu de paramètres reconnus concernant le canal de retour et la commande de rapport d'erreurs. Pour commencer à envoyer les échantillons, le VTU-O doit envoyer une commande eoc de configuration du canal de retour pendant la première seconde de la phase active. Pour arrêter l'envoi des échantillons, le VTU-O doit envoyer une commande Error Feedback comportant une configuration spéciale du canal de retour (c'est-à-dire que la fréquence de mise à jour des échantillons d'erreurs $m = 0$, voir Tableau 8-3). Dès réception de la commande, le VTU-R doit cesser d'envoyer les messages de données Error Feedback et continuer à répondre en utilisant des messages NACK.

Tableau 8-3 – Commande Error Feedback transmise par le VTU-O

Nom	Longueur (octets)	Numéro d'octet	Contenu
Commande Error Feedback	$9 + 5 \times N_{band}$ ($N_{band} \leq 8$)	2	01 ₁₆ (Note 1)
		3 à 4	Premier SSC (voir § 6.2.2, § 7.3.2 et Note 6)
		5	Fréquence de mise à jour des échantillons d'erreurs (m) (voir § 7.2.4 et Note 2)
		6 à 7	Fréquence de déplacement des échantillons d'erreurs (z) (voir § 7.2.4 et Note 3)
		8 à $8 + 3 \times N_{band}$	Descripteur de bandes vectorielles (voir Tableau 12-18 de [UIT-T G.993.2], Note 4)

Tableau 8-3 – Commande Error Feedback transmise par le VTU-O

		9 + 3 × <i>N_band</i> à 9 + 5 × <i>N_band</i>	Descripteur de configuration des rapports d'erreurs (Note 5)
<p>NOTE 1 – Toutes les autres valeurs sont réservées par l'UIT-T.</p> <p>NOTE 2 – La fréquence de mise à jour des échantillons d'erreurs (<i>m</i>) doit être représentée par un entier non signé.</p> <p>NOTE 3 – La fréquence de déplacement des échantillons d'erreurs (<i>z</i>) doit être représentée par un entier non signé.</p> <p>NOTE 4 – Le paramètre <i>N_band</i> prend pour valeur l'octet 1 du descripteur de bandes défini dans [UIT-T G.993.2].</p> <p>NOTE 5 – Ce descripteur définit les paramètres de transmission de <i>N_band</i> ensembles d'échantillons d'erreurs échantillonnés décrits au § 7.2.2 pour chaque bande vectorielle en aval (2 octets par bande). Il doit utiliser le format défini dans le Tableau 8-4.</p> <p>NOTE 6 – La valeur du premier SSC doit être la même pour toutes les commandes Error Feedback après le début de la phase active.</p>			

Tableau 8-4 – Descripteur de la configuration du rapport d'erreurs

Paramètre	Bit	Numéro d'octet	Description
<i>N_band</i>	[7:4]	0	Nombre de bandes vectorielles configurées dans la fourchette de 1 à 8, représenté par un entier non signé
<i>padding</i>	3		Selon la définition du § 7.2.2.
Réservé par l'UIT-T	2		Doit être fixé à 0 ₂ .
<i>F_block</i>	[1:0]		Taille de bloc, codée de la manière suivante (voir note): $00_2 - F_block = \left\lceil \frac{N_carrier}{F_sub} \right\rceil$ $01_2 - F_block = 1$ $10_2 - F_block = 32$ $11_2 - \text{Réservé à l'usage de l'UIT-T}$
Paramètres pour la bande vectorielle 1		1-2	Voir Tableau 8-5
.....		
Paramètres pour la bande vectorielle <i>N_band</i>		2 × <i>N_band</i> – 1 à 2 × <i>N_band</i>	Voir Tableau 8-5
<p>NOTE – Si le code de la taille de bloc est 01₂ ou 10₂, alors <i>F_block</i> a la même valeur pour toutes les bandes vectorielles. Si le code est 00₂, alors <i>F_block</i> peut avoir une valeur différente pour chaque bande vectorielle suivant le nombre de sous-porteuses (<i>N_carrier</i>) et de sous-échantillons (<i>F_sub</i>).</p>			

Tableau 8-5 – Paramètres de commande des bandes vectorielles

Paramètre	Bit	Numéro d'octet	Description
F_{sub}	[7:4]	0	Taux de sous-échantillonnage F_{sub} tel que défini au § 7.2.2, $\log_2(F_{sub})$ étant représenté par un entier non signé.
L_w	[3:0]		Longueur de l'échantillon d'erreurs échantillonné dans la représentation compressée, telle que définie au § 7.2.2, L_w étant représenté par un entier non signé.
B_{min}	[7:4]	1	Paramètre B_{min} tel que défini au § 7.2.2, B_{min} étant représenté par un entier non signé.
B_{max}	[3:0]		Paramètre B_{max} tel que défini au § 7.2.2, B_{max} étant représenté par un entier non signé.

Tableau 8-6 – Réponse à la commande Error Feedback transmise par le VTU-R pour le canal de retour eoc

Nom	Longueur (octets)	Numéro d'octet	Contenu
Rapport d'erreurs sous forme de données ou de message ACK	$5 + N_{ERB}$	2	80_{16} (voir Note 1)
		3-4	Compteur de symboles de synchronisation (SSC) représenté par un entier non signé dans la fourchette définie au § 7.3.2 (voir Note 2).
		5	Code de segment (SC) représenté conformément au § 11.2.3.3 de [UIT-T G.993.2].
		6 à $5 + N_{ERB}$	Données transmises sur le canal de retour et représentées sur N_{ERB} octets conformément au § 7.2.3 (voir Note 3).
Message NACK	3	2	81_{16} (voir Note 1)
		3	1 octet pour le code de cause (voir Tableau 8-8)

NOTE 1 – Toutes les autres valeurs de cet octet sont réservées par l'UIT-T.

NOTE 2 – Ce champ permet d'identifier le symbole de synchronisation en aval pour lequel des échantillons d'erreurs échantillonnés sont transmis.

NOTE 3 – Ce champ doit acheminer l'ERB en utilisant le format décrit au § 7.2.3.

Tableau 8-7 – Réponse à la commande Error Feedback transmise par le VTU-R pour le canal de retour L2

Nom	Longueur (octets)	Numéro d'octet	Contenu
Message ACK	6	2	80 ₁₆ (voir Note 1)
		3-4	Les deux octets doivent être fixés à 00 ₁₆
		5	L'octet doit être fixé à 11000000 ₂ (voir Note 2)
		6	L'octet doit être fixé à 00 ₁₆ (voir Note 3).
Message NACK	3	2	81 ₁₆ (voir Note 1)
		3	1 octet pour le code de cause (voir Tableau 8-8)
<p>NOTE 1 – Toutes les autres valeurs de cet octet sont réservées par l'UIT-T.</p> <p>NOTE 2 – Cette valeur correspond au code de segment d'un message eoc non segmenté au sens du § 11.2.3.3 de [UIT-T G.993.2].</p> <p>NOTE 3 – Ce champ doit contenir le message ACK indiquant que la configuration du canal de retour demandée par la commande Error Feedback a été acceptée.</p>			

Tableau 8-8 – Codes de cause NACK

Valeur	Définition
01 ₁₆	L'ensemble de paramètres concernant le format de transmission des échantillons d'erreurs (écrêtés ou non) n'est pas reconnu.
02 ₁₆	Le VTU-R a cessé d'envoyer des rapports d'erreurs à la demande de la VCE.
NOTE – Tous les autres codes de cause sont réservés par l'UIT-T.	

8.2 Commande de mise à jour de la séquence pilote et réponse

La VME du VTU-O doit utiliser la commande de mise à jour de la séquence pilote et sa réponse pour forcer la mise à jour de la ou des séquences pilotes vers l'amont et pour communiquer la ou les séquences pilotes mises à jour pour les lignes vectorielles (voir § 7.3.3) à la VME du VTU-R. Des commandes distinctes sont définies pour mettre à jour une seule séquence pilote (si la séquence pilote dépendant des fréquences (FDPS) vers l'amont est désactivée selon les modalités prévues dans [UIT-T G.994.1]) ou huit séquences pilotes vers l'amont (si la FDPS vers l'amont est activée selon ces mêmes modalités). Ces commandes sont indiquées dans le Tableau 8-9 et ne peuvent être lancées que par le VTU-O; le VTU-R doit répondre par le message ACK en utilisant le format indiqué dans le Tableau 8-10.

Le premier octet de la commande doit contenir la valeur attribuée au type de commande de mise à jour de la séquence pilote, comme indiqué dans le Tableau 8-2. Le deuxième octet et les suivants doivent être conformes aux indications des Tableaux 8-9 pour les commandes et 8-10 pour les réponses. Les octets de données doivent être mappés en utilisant le format indiqué au § 11.2.3.1 de [UIT-T G.993.2].

La VCE peut mettre à jour la ou les séquences pilotes vers l'amont en utilisant le message de mise à jour des séquences pilotes.

La longueur du message de commande dépend de la longueur de la séquence pilote vers l'amont (N_{pilot_us} bits, voir le § 7.3.3). Seuls les bits de la séquence pilote vers l'amont peuvent être modifiés au cours de la phase active. La nouvelle longueur attribuée à la séquence pilote vers l'amont doit être identique à celle qui avait été attribuée à la séquence pilote vers l'amont au moment de l'initialisation. Les octets des messages de commande doivent être définis de la manière illustrée dans le Tableau 8-9.

Tableau 8-9 – Commandes de mise à jour des séquences pilotes transmises par le VTU-O

Nom	Longueur (octets)	Numéro d'octet	Contenu
Configuration de la séquence pilote (FDPS désactivée selon la Rec. UIT-T G.994.1)	$3 + N_{pilot_us}/8$	2	01 ₁₆ pour modifier la séquence pilote vers l'amont, la FDPS vers l'amont étant désactivée selon la Rec. UIT-T G.994.1 (voir la note)
		3	01 ₁₆ si l'interruption de la séquence pilote vers l'amont en cours d'utilisation n'est pas autorisée; 02 ₁₆ si l'interruption de la séquence pilote vers l'amont en cours d'utilisation est autorisée (voir la note)
		4 to $3 + \lceil N_{pilot_us}/8 \rceil$	Bits de la séquence pilote vers l'amont, codés selon les directives concernant le champ N° 4 dans le Tableau 10-7.
Configuration de la séquence pilote (FDPS activée selon la Rec. UIT-T G.994.1)	$11 + (Naips + 1) \times \lceil N_{pilot_us}/8 \rceil$	2	02 ₁₆ pour modifier les séquences pilotes en amont, la FDPS vers l'amont étant activée selon la Rec. UIT-T G.994.1 (voir la note)
		3	01 ₁₆ si l'interruption de la séquence pilote vers l'amont en cours d'utilisation n'est pas autorisée; 02 ₁₆ si l'interruption de la séquence pilote vers l'amont en cours d'utilisation est autorisée (voir la note)
		4 to $3 + \lceil N_{pilot_us}/8 \rceil$	Bits de la séquence pilote vers l'amont, codés selon les directives concernant le champ N° 4 dans le Tableau 10-7.
		$4 + \lceil N_{pilot_us}/8 \rceil$ to $11 + (Naips + 1) \times \lceil N_{pilot_us}/8 \rceil$	Descripteur de la FDPS vers l'amont tel que défini dans le Tableau 10-9.
NOTE – Toutes les autres valeurs de cet octet sont réservées par l'UIT-T.			

Le troisième octet de la commande de mise à jour de la séquence pilote définit l'heure à laquelle la modification de la séquence pilote vers l'amont doit se produire:

- Si l'interruption de la séquence pilote vers l'amont en cours d'utilisation n'est pas autorisée (valeur 01₁₆), la modification de cette séquence s'appliquera à partir de la position du symbole de synchronisation suivant après la fin de la séquence en cours, c'est-à-dire qu'après le symbole de synchronisation modulant le dernier bit de la séquence précédente, le symbole de synchronisation suivant va moduler le premier bit de la nouvelle séquence pilote vers l'amont.

- Si l'interruption de la séquence pilote vers l'amont en cours d'utilisation est autorisée (valeur 02₁₆), la modification de cette séquence peut s'appliquer à toute position du symbole de synchronisation, c'est-à-dire qu'après le symbole de synchronisation modulant le bit *i* de la séquence précédente, le symbole de synchronisation suivant va moduler le bit *i*+1 de la nouvelle séquence pilote vers l'amont.

La seule réponse autorisée de la part du VTU-R est l'accusé de bonne réception de la commande, conformément aux indications du Tableau 8-10.

Tableau 8-10 – Réponse du VTU-R à la mise à jour de la séquence pilote

Nom	Longueur (octets)	Numéro d'octet	Contenu
ACK	2	2	80 ₁₆ (voir la note)
NACK	3	2	81 ₁₆ (voir la note)
		3	1 octet pour le code de cause (voir le Tableau 8-11)
NOTE – Toutes les autres valeurs de cet octet sont réservées par l'UIT-T.			

Tableau 8-11 – Codes de cause NACK

Valeur	Définition
01 ₁₆	Jeu de paramètres non reconnu
NOTE – Tous les autres codes de cause sont réservés par l'UIT-T.	

Si la commande de mise à jour de la séquence pilote réussit à mettre à jour la ou les séquences pilotes vers l'amont, le VTU-R ne doit appliquer la modification qu'après avoir envoyé le message ACK. Si l'interruption de la ou des séquences pilotes est autorisée, la mise à jour doit intervenir le plus tôt possible et doit se produire dans les 200 ms après l'envoi du message ACK.

Le chronogramme de la commande eoc de la séquence pilote et de sa réponse est présenté dans la Figure 8-1.

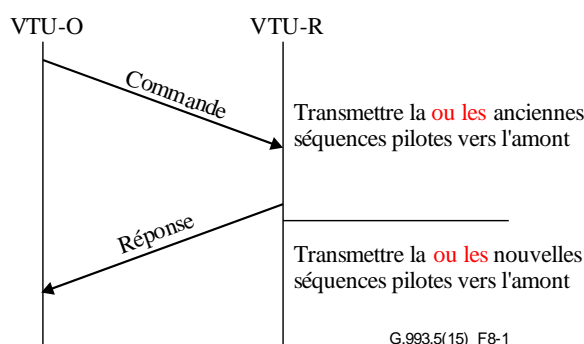


Figure 8-1 – Chronogramme de la commande de mise à jour de la séquence pilote et de sa réponse

8.3 Commandes de gestion de la puissance et réponses

Il convient d'utiliser les commandes de gestion de la puissance et les réponses définies au § 11.2.3.9 de [UIT-T G.993.2]. Les procédures d'arrêt programmé décrites aux § 11.2.3.9.1 et 11.2.3.9.2 de cette Recommandation doivent être modifiées conformément aux dispositions du présent paragraphe.

8.3.1 Commande L3 Request envoyée par le VTU-R (remplace le § 11.2.3.9.1 de [UIT-T G.993.2])

À réception de la commande L3 Request (demande de liaison L3), le VTU-O chargé de répondre doit envoyer la réponse Grant (accorder) ou Reject (rejeter). L'état de la liaison L3 sera proposé au format 03₁₆. Si un autre état de liaison est reçu, il faut envoyer la réponse Reject avec le code de cause 02₁₆.

Le VTU-O peut rejeter une demande de passage à l'état de liaison L3 en utilisant le code de cause 01₁₆ parce qu'il est temporairement occupé, ou la rejeter en utilisant le code 03₁₆ parce qu'il dispose d'informations locales indiquant que l'état L3 n'est pas souhaitable au moment considéré.

Lorsque le VTU-R reçoit la réponse Grant, il passe de l'état R-SHOWTIME à l'état R-SILENT (voir Figure 12-3). Une fois dans l'état R-SILENT, il ne doit pas encore modifier l'impédance d'entrée mesurée sur la ligne au point de référence U-R2.

Lorsque le VTU-O détecte que le VTU-R a cessé de transmettre (parce que le VTU-R est passé à l'état R-SILENT), il passe de l'état O-SHOWTIME à l'état O-DEACTIVATING.

Le VTU-O, qui est piloté par la VCE, passe ensuite de l'état O-DEACTIVATING à l'état O-SILENT.

Lorsque le VTU-R détecte que le VTU-O a cessé de transmettre (parce que le VTU-O est passé à l'état O-DEACTIVATING ou O-SILENT), il peut modifier les caractéristiques du trajet de transmission. Cependant, pour assurer la stabilité des vecteurs du groupe vectoriel, le VTU-R doit conserver le niveau approximatif de l'impédance d'entrée mesurée sur la ligne au point de référence U-R2.

8.3.2 Commande L3 Request envoyée par le VTU-O (remplace le § 11.2.3.9.2 de [UIT-T G.993.2])

À réception de la commande L3 Request, le VTU-R chargé de répondre doit envoyer la réponse Grant ou Reject. L'état de la liaison L3 sera proposé sous le format 03₁₆. Si un autre état de liaison est reçu, il faut envoyer la réponse Reject avec le code de cause 02₁₆.

Le VTU-R peut rejeter une demande de passage à l'état de liaison L3 en utilisant le code de cause 01₁₆ parce qu'il est temporairement occupé, ou la rejeter en utilisant le code 03₁₆ parce qu'il dispose d'informations locales indiquant que l'état L3 n'est pas souhaitable au moment considéré.

Lorsque le VTU-O reçoit la réponse Grant, il passe de l'état O-SHOWTIME à l'état O-DEACTIVATING. Une fois dans l'état O-DEACTIVATING, il ne doit pas encore modifier l'impédance d'entrée mesurée sur la ligne au point de référence U-O2.

Le VTU-O, qui est piloté par la VCE, passe ensuite de l'état O-DEACTIVATING à l'état O-SILENT. Une fois dans l'état O-SILENT, il ne doit pas encore modifier l'impédance d'entrée mesurée sur la ligne au point de référence U-O2.

Lorsque le VTU-R détecte que le VTU-O a cessé de transmettre (parce que le VTU-O est passé à l'état O-DEACTIVATING ou O-SILENT), il peut passer de l'état R-SHOWTIME à l'état R-SILENT.

Lorsque le VTU-O détecte que le VTU-R a cessé de transmettre (parce que le VTU-R est passé à l'état R-SILENT), il peut modifier les caractéristiques du trajet de transmission. Cependant, pour assurer la stabilité des vecteurs du groupe vectoriel, le VTU-O doit conserver le niveau approximatif de l'impédance d'entrée mesurée sur la ligne au point de référence U-O2.

9 Activation et désactivation de paires dans un groupe vectoriel

On active une ligne dans un groupe vectoriel en effectuant la procédure d'initialisation définie au § 10.

La désactivation d'une ligne du système vectoriel nécessite aussi une procédure programmée. Si la ligne à désactiver servait à annuler la télédiaphonie vers l'amont ou vers l'aval, le système vectoriel pourrait subir une déconnexion brutale. Les procédures permettant de déclencher un "événement de fermeture programmée" et un "événement de fermeture non programmée" sont décrites dans le présent paragraphe.

9.1 Événement de fermeture programmée

Un événement de fermeture programmée consiste à faire passer la gestion de la puissance à l'état de ligne L3. Les commandes et les réponses concernées sont définies au § 8.3.

9.2 Événement de fermeture non programmée

En cas de détection d'un défaut *los* à l'extrémité proche (voir § 11.3.1.3 de [UIT-T G.993.2]), le VTU-O doit passer de l'état O-SHOWTIME à l'état O-DEACTIVATING.

Le VTU-O, qui est piloté par la VCE, doit passer de l'état O-DEACTIVATING à l'état O-SILENT.

NOTE – Si les erreurs survenant sur les autres lignes du groupe vectoriel sont acceptables, il existe une technique alternative ou supplémentaire permettant de couper le signal de transmission, qui consiste à mettre à jour rapidement les coefficients. Cette technique peut être employée de la manière suivante: lorsqu'une fermeture non programmée (DSE) ou tout autre événement non programmé est détecté sur une ligne, les VTU-O des autres lignes doivent envoyer des demandes de rapport d'erreurs à leurs VTU-R, de préférence via un canal eoc robuste. Les VTU-R doivent alors fournir les échantillons d'erreurs demandés aux VTU-O correspondants par le canal de retour du système vectoriel. Dès réception des échantillons d'erreurs, il suffit simplement que la VCE effectue une estimation des modifications des coefficients de canaux, c'est-à-dire des coefficients associés à la ligne ayant subi la DES, pour mettre à jour l'estimation des canaux complets. À cette fin, on peut employer des échantillons d'erreurs qui ne correspondent qu'à quelques symboles de synchronisation. Puis la VCE utilise l'estimation de canal mise à jour, qui contient l'estimation de modification des coefficients de canaux et les coefficients de canaux inchangés, pour mettre à jour le précodeur. La durée de la période d'erreurs, avant que le précodeur ne soit actualisé par ce mécanisme de mise à jour rapide, est approximativement de quelques supertrames; on peut ainsi éviter de réentraîner les autres lignes en raison de la DSE.

10 Initialisation d'un groupe vectoriel

On trouvera dans le présent paragraphe la définition de l'initialisation d'un groupe vectoriel.

10.1 Généralités

La procédure d'initialisation décrite dans le présent paragraphe est fondée sur l'initialisation définie dans [UIT-T G.993.2], à laquelle on a ajouté les étapes de l'estimation des canaux de télédiaphonie. Le mode final d'exploitation vectorielle (c'est-à-dire du système vectoriel en aval et en amont, ou uniquement en aval) est déterminé au cours de la phase d'initialisation définie dans [UIT-T G.994.1].

On trouvera dans la Figure 10-1 un aperçu de la procédure d'initialisation dans le sens amont comme dans le sens aval. Aux fins de la présente Recommandation, les phases d'initialisation décrites dans [UIT-T G.993.2] ont été reprises avec quelques modifications des messages SOC et l'ajout de signaux d'initialisation pour l'estimation des canaux de télédiaphonie. Les signaux d'initialisation ajoutés à la phase de découverte de canal et à la phase d'entraînement selon [UIT-T G.993.2] sont présentés dans la Figure 10-1.

Si plusieurs lignes sont initialisées simultanément, les procédures d'initialisation de ces lignes doivent être coordonnées dans le temps afin que toutes les lignes passent simultanément par les phases liées à la vectorisation (voir les § 10.3.3.6 et 10.4.3.9).

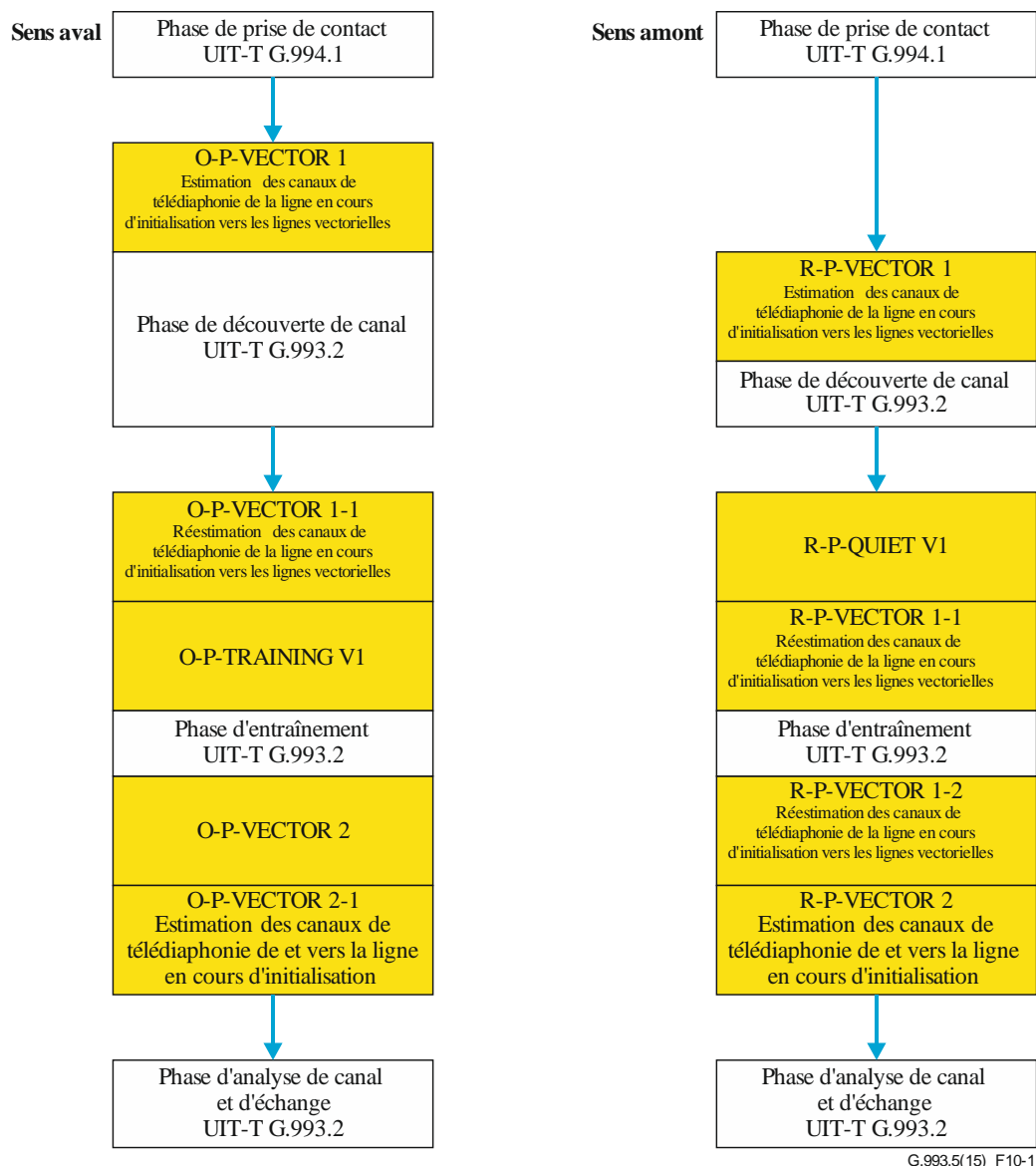


Figure 10-1 – Aperçu de l'initialisation selon la Recommandation UIT-T G.993.5

Dans le sens aval, au début de la phase de découverte de canal, le VTU-O de la ligne en cours d'initialisation émet le signal O-P-VECTOR 1, qui ne contient que des symboles de synchronisation modulés par la séquence pilote et qui est coordonné avec les symboles de synchronisation des lignes vectorielles (voir Figure 10-2). Le signal O-P-VECTOR 1 permet à la VCE d'estimer les canaux de télédiaphonie des lignes en cours d'initialisation vers les lignes vectorielles. La VCE procède à l'estimation de ces canaux en se fondant sur les échantillons d'erreurs écrêtés transmis par les VTU-R des lignes vectorielles et permet au précodage des VTU-O de ces lignes vectorielles d'annuler la télédiaphonie entre les lignes en cours d'initialisation et les lignes vectorielles pendant le reste de l'initialisation des lignes.

Au début de la phase d'entraînement, le VTU-O d'initialisation émet le signal O-P-VECTOR 1-1, qui est identique au signal O-P-VECTOR 1 et permet à la VCE de mettre à jour les estimations des canaux de télédiaphonie en aval des lignes en cours d'initialisation vers les lignes vectorielles avant de passer à la phase d'entraînement UIT-T G.993.2.

Après cette phase d'entraînement, le VTU-O émet le signal O-P-VECTOR 2, puis le signal O-P-VECTOR 2-1, ces deux signaux contenant des symboles de synchronisation modulés par la séquence pilote et des symboles ordinaires acheminant les messages SOC (voir Figure 10-3). Au cours de l'émission du signal O-P-VECTOR 2-1, la VCE estime les canaux de télédiaphonie de toutes les lignes vectorielles vers chaque ligne en cours d'initialisation et vice-versa. Enfin, à la fin de l'émission du signal O-P-VECTOR 2-1, la VCE estime l'ensemble de la matrice des canaux de télédiaphonie, y compris les coefficients de télédiaphonie des lignes en cours d'initialisation vers les lignes vectorielles et les coefficients de télédiaphonie de toutes les lignes vectorielles vers chaque ligne en cours d'initialisation. Le processus d'initialisation est alors achevé et les lignes initialisées peuvent être intégrées dans le précodage. Une fois que l'émission du signal O-P-VECTOR 2-1 est achevée, le VTU-O de la ligne en cours d'initialisation entre dans la phase d'analyse de canal et d'échange pour procéder à l'estimation du rapport signal/bruit (SNR) et déterminer la charge de bits à employer pendant la phase active.

Dans le sens amont, pour éviter une télédiaphonie excessive sur les lignes vectorielles, une fois que le VTU-R d'une ligne en cours d'initialisation a détecté le message O-SIGNATURE pendant la phase de découverte de canal, il commence à émettre un signal R-P-VECTOR 1, qui a le même format que le signal O-P-VECTOR 1 (voir Figure 10-2). Au cours de l'émission du signal R-P-VECTOR 1, la VCE estime les canaux de télédiaphonie des lignes en cours d'initialisation vers toutes les lignes vectorielles, et elle permet aux VTU-O des lignes vectorielles d'annuler la télédiaphonie des lignes en cours d'initialisation pendant le reste de l'initialisation de celles-ci. La position temporelle des symboles de synchronisation en amont et la séquence pilote en amont sont attribuées par le VCE et sont indiquées au VTU-R dans le message O-SIGNATURE; elles sont également signalées par des marqueurs spéciaux ajoutés au signal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1.

En outre, d'autres paramètres facultatifs peuvent être ajoutés au message O-P-SIGNATURE pour réduire la puissance émise vers l'amont au cours de la première phase en amont (R-P-VECTOR 1). Cette réduction de puissance peut servir à réduire la diaphonie provoquée par les signaux R-P-VECTOR 1 sur les lignes non vectorielles fonctionnant dans le même câble multipaires. Elle permet aussi d'obtenir un affaiblissement uniforme de la densité spectrale de puissance du message R-P-VECTOR 1 émis vers l'amont, en plus de la réduction de puissance classique vers l'amont définie dans [UIT-T G.993.2].

NOTE 1 – Les paramètres a et b qui déterminent le gabarit de densité PSD imposant une limite en amont (UPBOMASK, voir § 7.2.1.3.2.2 de [UIT-T G.993.2]) sont fournis par l'opérateur via la base d'informations de gestion du central (CO-MIB), conformément à [UIT-T G.997.1]. L'opérateur peut prévoir ou autoriser des valeurs par défaut pour a et b qui sont différentes des valeurs liées aux régions géographiques dans [UIT-T G.993.2] (voir par exemple les Annexes A.2.3, B.3 et C.2.1.4). Il est alors possible d'employer un PSD plus élevé en amont puisque la télédiaphonie vers l'amont est réduite par annulation de la diaphonie. Une fois que la réduction de puissance en amont (UPBO) a été appliquée (pendant l'initialisation), le VTU-R peut continuer d'adapter le PSD transmis (tant qu'il reste inférieur au gabarit UPBOMASK) pendant la phase active à la demande du VTU-O, en employant des techniques d'adaptation de débit transparente (SRA) conformément au § 7.2.1.3.1 de [UIT-T G.993.2] afin d'améliorer la performance en amont (sous le contrôle de la VCE). L'opérateur peut aussi adapter les paramètres appliqués à a et b en effectuant une nouvelle initialisation.

Au début de la phase active, le VTU-R en cours d'initialisation émet le signal R-P-VECTOR 1-1, qui est identique au signal R-P-VECTOR 1 et permet à la VCE de mettre à jour les estimations des canaux de télédiaphonie en amont des lignes en cours d'initialisation vers les lignes vectorielles avant de passer à la phase d'entraînement UIT-T G.993.2. Le VTU-O émet le signal O-P-TRAINING V1 sous forme de signal de remplissage temporel pendant que le VTU-R émet le signal R-P-VECTOR 1-1.

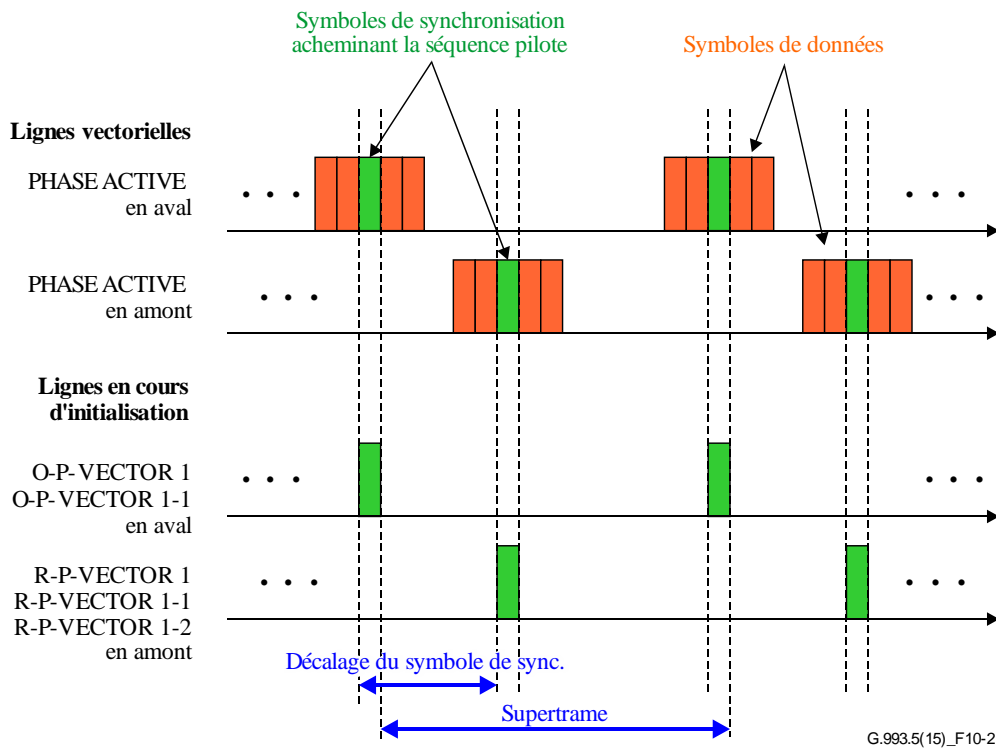
La valeur initiale de l'avance de rythme est attribuée par le VTU-O; elle est communiquée dans le message O-SIGNATURE en tenant compte de la longueur de ligne, qui est provisoirement connue. Si l'avance de rythme est de nouveau adaptée au cours de la phase d'entraînement, l'estimation des canaux de télédiaphonie vers l'amont est actualisée à la fin de cette phase pour tenir compte de toute modification des canaux de télédiaphonie qui en résulterait (signal R-P-VECTOR 1-2 dans la Figure 10-1). Le VTU-O émet le signal O-P-VECTOR 2 V1 sous forme de signal de remplissage temporel pendant que le VTU-R émet le signal R-P-VECTOR 1-2.

À la fin de la phase d'entraînement, le VTU-R émet le signal R-P-VECTOR 2, qui contient des symboles de synchronisation modulés par la séquence pilote et des symboles ordinaires acheminant les messages SOC. Au cours de l'émission du signal R-P-VECTOR 2, la VCE estime les canaux de télédiaphonie de toutes les lignes vectorielles vers les lignes en cours d'initialisation et vice-versa. Enfin, à la fin de l'émission du signal R-P-VECTOR 2, la VCE estime l'ensemble de la matrice des canaux de télédiaphonie, y compris les coefficients de télédiaphonie des lignes en cours d'initialisation vers les lignes vectorielles et les coefficients de télédiaphonie de toutes les lignes vectorielles vers les lignes en cours d'initialisation. Le processus d'initialisation est alors achevé et les lignes initialisées deviennent des éléments actifs du groupe vectoriel. Une fois que l'émission du signal R-P-VECTOR 2 est achevée, le VTU-R entre dans la phase d'analyse de canal et d'échange pour procéder à l'estimation du rapport signal/bruit (SNR) et déterminer la charge de bits à employer pendant la phase active.

Au cours de l'émission du signal R-P-VECTOR 2, les paramètres des messages SOC peuvent être définis de manière à permettre une vitesse plus élevée de transmission de ces messages, ce qui est nécessaire pour acheminer des échantillons d'erreurs échantillonnés du VTU-R au VTU-O. Comme ces unités ont toutes deux achevé la phase d'entraînement, on peut réduire le nombre de répétitions des messages SOC (en s'inspirant des dispositions de [UIT-T G.993.2], qui concernent la phase d'analyse de canal et d'échange). Cette méthode permet de disposer d'un canal de retour rapide, ce qui est nécessaire pour estimer rapidement les canaux de télédiaphonie des lignes vectorielles vers la ligne en cours d'initialisation.

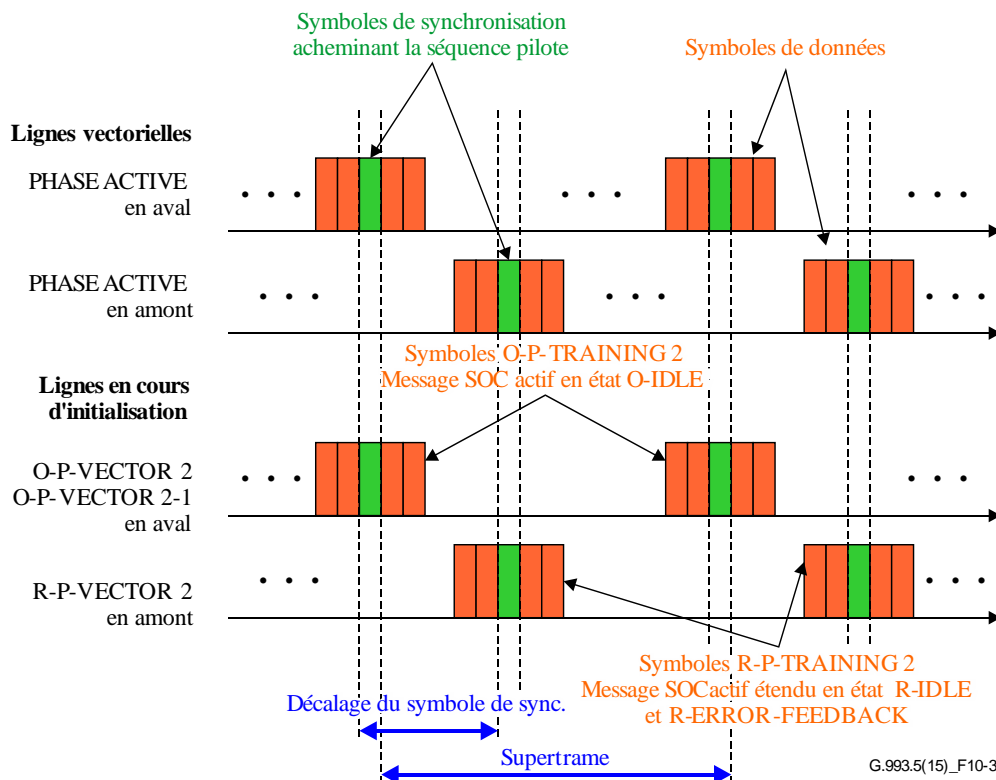
Les Figures 10-2 et 10-3 illustrent la coordination des positions des symboles de synchronisation modulés par des séquences pilotes pendant que les signaux d'initialisation O-P-VECTOR et R-P-VECTOR sont envoyés; les symboles de synchronisation de toutes les lignes sont synchronisés dans le temps vers l'aval comme vers l'amont. Un décalage temporel d'un ou de plusieurs symboles est prévu au cours de l'initialisation entre les symboles de synchronisation vers l'aval et vers l'amont (voir § 10.3.2.1).

NOTE 2 – Dans certaines mises en œuvre, le trajet d'émission d'un VTU en cours d'initialisation peut changer pendant la phase de découverte de canal. La mise à jour du canal de télédiaphonie vers l'aval et vers l'amont permet de détecter tout changement connexe de la télédiaphonie produite sur les lignes vectorielles. Tout changement du trajet d'émission intervenant dans l'équipement frontal analogique (AFE) avant l'émission des signaux O-P-VECTOR 1-1 ou R-P-VECTOR 1-1 peut accroître la télédiaphonie produite par la ligne en cours d'initialisation sur les lignes vectorielles entre le moment où le changement se produit et le début du signal of O-P-VECTOR 1-1 ou R-P-VECTOR 1-1. Il faut donc veiller, lors de la mise en œuvre, à réduire autant que possible les modifications dans l'AFE pendant la phase de découverte de canal.



G.993.5(15)_F10-2

Figure 10-2 – Rythme des signaux dans les sens amont et aval (signaux O-P-VECTOR 1 et R-P-VECTOR 1)



G.993.5(15)_F10-3

Figure 10-3 – Rythme des signaux dans les sens amont et aval (signaux O-P-VECTOR 2 et R-P-VECTOR 2)

Différentes phases de la procédure d'initialisation sont examinées plus en détails ci-après.

10.2 Phase de prise de contact UIT-T G.994.1

La procédure d'initialisation débute avec la phase de prise de contact [UIT-T G.994.1]. Lors de cette phase, outre les paramètres qui sont communiqués dans une phase de prise de contact classique et sont définis dans [UIT-T G.993.2], le VTU-O et le VTU-R doivent se signaler mutuellement qu'ils ont activé leurs capacités de mise en œuvre de la méthode des vecteurs. Le VTU-O doit prendre en charge la méthode des vecteurs vers l'aval et peut prendre en charge la méthode des vecteurs vers l'amont. Le VTU-R doit prendre en charge la méthode des vecteurs vers l'aval comme vers l'amont. Compte tenu de ces capacités, le mode de fonctionnement vectoriel final (c'est-à-dire le choix de la méthode des vecteurs vers l'aval et l'amont ou uniquement vers l'aval) est déterminé au cours de la phase d'initialisation définie dans [UIT-T G.994.1] (voir les Tableaux 11.68.0.1 et 11.68.10 de [UIT-T G.994.1] ainsi que les Tableaux 7-a/b/c/d).

Avant de transmettre le message MS, le VTU-O doit vérifier que toutes les conditions suivantes renvoient la valeur TRUE (Note 1):

- Le bit 0 du paramètre VECTORMODE_ENABLE de la base CO-MIB est à 0.
- Le bit NPar(2) de l'Annexe X "*ITU-T G.993.5-friendly ITU-T G.993.2 operation in the downstream direction*" (Fonctionnement UIT-T G.993.2 conforme à la Recommandation UIT-T G.993.5 dans le sens aval) est à ZÉRO dans le message CL ou le message CLR.
- Le bit NPar(2) de l'Annexe Y "*Full ITU-T G.993.5-friendly ITU-T G.993.2 operation*" (Fonctionnement UIT-T G.993.2 entièrement conforme à la Recommandation UIT-T G.993.5) est à ZÉRO dans le message CL ou le message CLR.
- Le bit SPar(2) "*UIT-T G.993.5*" est à ZÉRO dans le message CL ou le message CLR.

Si toutes les conditions ci-dessus renvoient la valeur TRUE, le VTU-O vérifie ensuite que le bit SPar(1) "*UIT-T G.993.2*" est à ZÉRO dans le dernier message MS transmis avant de lancer la procédure de libération UIT-T G.994.1 (Note 2). Dans tous les autres cas, le mode de fonctionnement doit être exclusivement négocié au regard des capacités activées du VTU-O et du VTU-R, qui sont indiquées respectivement dans le message CL et le message CLR, conformément aux dispositions des Annexes X et Y de [UIT-T G.993.2] et du présent paragraphe.

NOTE 1 – La vérification de ces conditions permet au VTU-O de s'assurer que la ligne ne sera pas initialisée en mode "*UIT-T G.993.2 avec ni l'Annexe X ni l'Annexe Y activée*" si ce mode n'est pas autorisé dans la base CO-MIB.

NOTE 2 – Cette opération peut nécessiter l'emploi de la transaction élargie A:B définie dans le Tableau 14 de [UIT-T G.994.1].

La VCE doit forcer le VTU-O à définir l'espacement de sous-porteuse et le débit de symboles dans la ligne en cours d'initialisation en leur attribuant une valeur identique à celle qui est employée dans les autres lignes.

NOTE 3 – Pour obtenir le même débit de symboles dans toutes les lignes du groupe vectoriel, il faut définir le même rapport entre la taille de la transformée de Fourier discrète inverse (IDFT) et la longueur d'extension cyclique (CE) dans les échantillons en amont et en aval.

NOTE 4 – Pendant la phase de prise de contact, le VTU-O choisit la valeur d'extension cyclique au regard des valeurs reconnues par le VTU-O et le VTU-R. Seule la valeur $CE = 5 \times N/32$ (où $2 \times N$ est la taille de l'IDFT) est obligatoire. En l'absence de toute autre information sur les capacités d'extension cyclique du VTU-R, ce sera la seule valeur dont la prise en charge par une nouvelle ligne en cours d'initialisation sera garantie.

**Tableau 10-1 – Définitions des bits SPar(2) et Npar(3)
dans le message de liste CL du VTU-O**

Bit SPar(2) de UIT-T G.994.1	Définition du bit SPar(2)
<i>ITU-T G.993.5</i> (UIT-T G.993.5)	Ce bit doit être fixé à UN si et seulement si le VTU-O prend en charge la Rec. UIT-T G.993.5 et la Rec. UIT-T G.993.5 est autorisée dans la base CO-MIB (c'est-à-dire que le bit 3 du champ <i>VECTORMODE_ENABLE</i> est fixé à 1, voir § 7.3.1.13.9 de [UIT-T G.997.1]).
Bit Npar(3) de UIT-T G.994.1	Définition du bit Npar(3)
<i>Downstream vectoring</i> (Méthode des vecteurs vers l'aval)	Ce bit doit être fixé à UN pour indiquer que le VTU-O prend en charge la méthode des vecteurs vers l'aval.
<i>Upstream vectoring</i> (Méthode des vecteurs vers l'amont)	S'il est fixé à UN, ce bit indique que le VTU-O prend en charge la méthode des vecteurs vers l'amont. S'il est fixé à ZÉRO, ce bit indique que le VTU-O ne prend pas en charge la méthode des vecteurs vers l'amont.
<i>Pilot sequence length multiple of 4</i> (La longueur de la séquence pilote est un multiple de 4)	S'il est fixé à UN, ce bit indique que le VTU-O prend en charge des longueurs de séquence pilote qui sont des multiples de 4. S'il est fixé à ZÉRO, ce bit indique que le VTU-O prend uniquement en charge des longueurs de séquence pilote qui sont une puissance de 2.
<i>Upstream FDPS</i> (FDPS vers l'amont)	S'il est fixé à UN, ce bit indique que le VTU-O prend en charge la FDPS vers l'amont. S'il est fixé à ZÉRO, ce bit indique que le VTU-O ne prend pas en charge la FDPS vers l'amont.
<i>8192 superframes duration for O-P-VECTOR 1</i> (La durée du signal O-P-VECTOR 1 est de 8192 superframes)	S'il est fixé à UN, ce bit indique que le VTU-O prend en charge l'extension de la durée du signal O-P-VECTOR 1 jusqu'à 8192 superframes. S'il est fixé à ZÉRO, ce bit indique que le VTU-O ne prend pas en charge l'extension de la durée du signal O-P-VECTOR 1 jusqu'à 8192 superframes.
<i>Use of O-P-VECTOR 1 flag tones only</i> (Utiliser exclusivement des tonalités de fanion du signal O-P-VECTOR 1)	S'il est fixé à UN, ce bit indique que le VTU-O prend en charge l'utilisation exclusive des tonalités de fanion du signal O-P-VECTOR 1 (voir § 10.3.3.1). S'il est fixé à ZÉRO, ce bit indique que le VTU-O ne prend pas en charge l'utilisation exclusive des tonalités de fanion du signal O-P-VECTOR 1. Si le bit " <i>8192 superframes duration for O-P-VECTOR 1</i> " est fixé à ZÉRO, le bit " <i>Use of O-P-VECTOR 1 flag tones only</i> " doit également être fixé à ZÉRO.

**Tableau 10-2 – Définitions des bits SPar(2) et Npar(3)
dans le message de liste MS du VTU-O**

Bit SPar(2) de UIT-T G.994.1	Définition des bits SPar(2)
<i>ITU-T G.993.5</i> (UIT-T G.993.5)	Ce bit doit être fixé à UN si et seulement s'il a également été fixé à UN dans les messages CL et CLR les plus récents. S'il est fixé à UN, ce bit indique que les deux VTU vont entamer l'initialisation conformément à la Rec. UIT-T G.993.5.
Bit Npar(3) de UIT-T G.994.1	Définition des bits Npar(3)
<i>Downstream vectoring</i> (Méthode des vecteurs vers l'aval)	Ce bit doit être fixé à UN pour indiquer la prise en charge de la méthode des vecteurs vers l'aval.
<i>Upstream vectoring</i> (Méthode des vecteurs vers l'amont)	Ce bit doit être fixé à UN si et seulement s'il a également été fixé à UN dans les messages CL et CLR les plus récents. S'il est fixé à UN, ce bit indique que la méthode des vecteurs vers l'amont est activée. S'il est fixé à ZÉRO, ce bit indique que la méthode des vecteurs vers l'amont est désactivée.
<i>Pilot sequence length multiple of 4</i> (La longueur de la séquence pilote est un multiple de 4)	Ce bit doit être fixé à UN si et seulement s'il a également été fixé à UN dans les messages CL et CLR les plus récents. S'il est fixé à UN, le bit " <i>Pilot sequence length multiple of 4</i> " est activé. S'il est fixé à ZÉRO, ce bit indique que seules les longueurs de séquence pilote qui sont une puissance de 2 sont prises en charge.
<i>Upstream FDPS</i> (FDPS vers l'amont)	Ce bit doit être fixé à UN si et seulement s'il a également été fixé à UN dans les messages CL et CLR les plus récents. S'il est fixé à UN, le bit " <i>Upstream FDPS</i> " est activé. S'il est fixé à ZÉRO, le bit " <i>Upstream FDPS</i> " est désactivé.
<i>8192 superframes duration for O-P-VECTOR 1</i> (La durée du signal O-P-VECTOR 1 est de 8192 superframes)	Ce bit doit être fixé à UN si et seulement s'il a également été fixé à UN dans les messages CL et CLR les plus récents. S'il est fixé à UN, le bit " <i>8192 superframes duration for O-P-VECTOR 1</i> " est activé. S'il est fixé à ZÉRO, le bit " <i>8192 superframes duration for O-P-VECTOR 1</i> " est désactivé.
<i>Use of O-P-VECTOR 1 flag tones only</i> (Utiliser exclusivement des tonalités de fanion du signal O-P-VECTOR 1)	Ce bit doit être fixé à UN si et seulement s'il a également été fixé à UN dans les messages CL et CLR les plus récents. S'il est fixé à UN, le bit " <i>Use of O-P-VECTOR 1 flag tones only</i> " est activé. S'il est fixé à ZÉRO, le bit " <i>Use of O-P-VECTOR 1 flag tones only</i> " est désactivé.

**Tableau 10-3 – Définitions des bits SPar(2) et Npar(3)
dans le message de liste CLR du VTU-R**

Bit SPar(2) de UIT-T G.994.1	Définition des bits SPar(2)
<i>ITU-T G.993.5</i> (UIT-T G.993.5)	Ce bit doit être fixé à UN, si et seulement si le VTU-R prend en charge la Rec. UIT-T G.993.5.
Bit Npar(3) de UIT-T G.994.1	Définition des bits Npar(3)
<i>Downstream vectoring</i> (Méthode des vecteurs vers l'aval)	Ce bit doit être fixé à UN pour indiquer que le VTU-R prend en charge la méthode des vecteurs vers l'aval.
<i>Upstream vectoring</i> (Méthode des vecteurs vers l'amont)	Ce bit doit être fixé à UN pour indiquer que le VTU-R prend en charge la méthode des vecteurs vers l'amont.
<i>Pilot sequence length multiple of 4</i> (La longueur de la séquence pilote est un multiple de 4)	S'il est fixé à UN, ce bit indique que le VTU-R prend en charge des longueurs de séquence pilote qui sont des multiples de 4. S'il est fixé à ZÉRO, ce bit indique que le VTU-R prend uniquement en charge des longueurs de séquence pilote qui sont une puissance de 2.
<i>Upstream FDPS</i> (FDPS vers l'amont)	S'il est fixé à UN, ce bit indique que le VTU-R prend en charge la FDPS vers l'amont. S'il est fixé à ZÉRO, ce bit indique que le VTU-R ne prend pas en charge la FDPS vers l'amont.
<i>8192 superframes duration for O-P-VECTOR 1</i> (La durée du signal O-P-VECTOR 1 est de 8192 supertrames)	S'il est fixé à UN, ce bit indique que le VTU-R prend en charge l'extension de la durée du signal O P VECTOR 1 jusqu'à 8192 supertrames. S'il est fixé à ZÉRO, ce bit indique que le VTU-R ne prend pas en charge l'extension de la durée du signal O-P-VECTOR 1 jusqu'à 8192 supertrames.
<i>Use of O-P-VECTOR 1 flag tones only</i> (Utiliser exclusivement des tonalités de fanion du signal O-P-VECTOR 1)	S'il est fixé à UN, ce bit indique que le VTU-R prend en charge l'utilisation exclusive des tonalités de fanion du signal O-P-VECTOR 1 (voir § 10.3.3.1). S'il est fixé à ZÉRO, ce bit indique que le VTU-R ne prend pas en charge l'utilisation exclusive des tonalités de fanion du signal O P VECTOR 1. Si le bit " <i>8192 superframes duration for O-P-VECTOR 1</i> " est fixé à ZÉRO, le bit " <i>Use of O-P-VECTOR 1 flag tones only</i> " doit également être fixé à ZÉRO.

**Tableau 10-4 – Définitions des bits SPar(2) et Npar(3)
dans le message de liste MS du VTU-R**

Bit SPar(2) de UIT-T G.994.1	Définition des bits SPar(2)
<i>ITU-T G.993.5</i> (UIT-T G.993.5)	Ce bit doit être fixé à UN si et seulement s'il a également été fixé à UN dans les messages CL et CLR les plus récents. S'il est fixé à UN, ce bit indique que les deux VTU vont entamer l'initialisation conformément à la Rec. UIT-T G.993.5.
Bit Npar(3) de UIT-T G.994.1	Définition des bits Npar(3)
<i>Downstream vectoring</i> (Méthode des vecteurs vers l'aval)	Ce bit doit être fixé à UN pour indiquer que le VTU-R prend en charge la méthode des vecteurs vers l'aval.
<i>Upstream vectoring</i> (Méthode des vecteurs vers l'amont)	Ce bit doit être fixé à UN si et seulement s'il a également été fixé à UN dans les messages CL et CLR les plus récents. S'il est fixé à UN, ce bit indique que la méthode des vecteurs vers l'amont est activée. S'il est fixé à ZÉRO, ce bit indique que la méthode des vecteurs vers l'amont est désactivée.
<i>Pilot sequence length multiple of 4</i> (La longueur de la séquence pilote est un multiple de 4)	Ce bit doit être fixé à UN si et seulement s'il a également été fixé à UN dans les messages CL et CLR les plus récents. S'il est fixé à UN, le bit " <i>Pilot sequence length multiple of 4</i> " est activé. S'il est fixé à ZÉRO, ce bit indique que seules les longueurs de séquence pilote qui sont une puissance de 2 sont prises en charge.
<i>Upstream FDPS</i> (FDPS vers l'amont)	Ce bit doit être fixé à UN si et seulement s'il a également été fixé à UN dans les messages CL et CLR les plus récents. S'il est fixé à UN, le bit " <i>Upstream FDPS</i> " est activé. S'il est fixé à ZÉRO, le bit " <i>Upstream FDPS</i> " est désactivé.
<i>8192 superframes duration for O-P-VECTOR 1</i> (La durée du signal O-P-VECTOR 1 est de 8192 superframes)	Ce bit doit être fixé à UN si et seulement s'il a également été fixé à UN dans les messages CL et CLR les plus récents. S'il est fixé à UN, le bit " <i>8192 superframes duration for O-P-VECTOR 1</i> " est activé. S'il est fixé à ZÉRO, le bit " <i>8192 superframes duration for O-P-VECTOR 1</i> " est désactivé.
<i>Use of O-P-VECTOR 1 flag tones only</i> (Utiliser exclusivement des tonalités de fanion du signal O-P-VECTOR 1)	Ce bit doit être fixé à UN si et seulement s'il a également été fixé à UN dans les messages CL et CLR les plus récents. S'il est fixé à UN, le bit " <i>Use of O-P-VECTOR 1 flag tones only</i> " est activé. S'il est fixé à ZÉRO, le bit " <i>Use of O-P-VECTOR 1 flag tones only</i> " est désactivé.

10.2.1 Éviter les fausses initialisations dans le contexte de la diaphonie

La fonctionnalité décrite dans le présent paragraphe permet d'éviter qu'un VTU-O n'établisse de communication avec deux VTU-R. En effet, une telle communication conduirait les deux VTU-R à envoyer la même séquence pilote vers l'amont, ce qui pourrait avoir des conséquences néfastes sur la VCE au moment où celle-ci doit découvrir la matrice de canaux.

La prise en charge de cette fonctionnalité est facultative pour le VTU-O comme pour le VTU-R. Si elle est prise en charge, la fonctionnalité doit être mise en œuvre de la manière décrite ci-après.

Dans le champ d'identification défini par la Recommandation UIT-T G.994.1, deux paramètres sont prévus pour échanger les identifiants des émetteurs-récepteurs (voir les Tableaux 9.14, 9.14.1.x et 9.14.2.x de [UIT-T G.994.1]):

- le paramètre SPar(2) contenant l'identifiant de l'émetteur-récepteur du côté du réseau, avec le paramètre NPar(3) sur 30 bits qui lui est associé;
- le paramètre SPar(2) contenant l'identifiant de l'émetteur-récepteur du côté distant, avec le paramètre NPar(3) sur 30 bits qui lui est associé.

L'identifiant de l'émetteur-récepteur du côté du réseau est celui du VTU-O; il doit être produit par le VTU-O.

L'identifiant de l'émetteur-récepteur du côté distant est celui du VTU-R; il doit être produit par le VTU-R.

L'identifiant du VTU sur 30 bits doit comporter deux parties:

- une première partie (les bits de plus fort poids ou MSB) qui est déduite du numéro de série et de l'identifiant du fournisseur; et
- une seconde partie (les bits de plus faible poids ou LSB) qui est produite par un générateur de nombres aléatoires.

La première partie a une longueur de 16 bits et doit être calculée comme la séquence de contrôle de trame (FCS) d'une commande de liaison de données à haut niveau (HDLC) sur 16 bits, conformément au § 6.4.3 de [UIT-T G.997.1], à partir de l'identifiant du fournisseur du VTU et du numéro de série du VTU.

La FCS doit être calculée en prenant en compte tous les bits de l'identifiant du fournisseur du VTU suivi du numéro de série du VTU.

Le calcul de la FCS commence par le bit 1 (LSB) de l'octet 1. Les octets doivent se suivre dans l'ordre croissant de leur numéro. À l'intérieur de chaque octet, les bits doivent se suivre dans l'ordre croissant de leur numéro.

Le registre employé pour calculer le CRC doit être initialisé à la valeur $FFFF_{16}$.

L'identifiant du fournisseur des VTU doit se composer du code de pays T.35 (sur 2 octets) suivi du code de fournisseur (sur 4 octets); il doit correspondre au bloc d'informations sur l'identité du fournisseur transmis au cours de la phase de prise de contact UIT-T G.994.1 lors de l'initialisation (voir Tableau 7 de [UIT-T G.994.1]).

NOTE – Les "informations propres au fournisseur" figurant dans ce bloc d'informations ne figurent pas dans l'identifiant.

Le numéro de série du VTU-O doit être le numéro de série de l'émetteur-récepteur de la ligne d'abonné numérique G.997.1 X au central (XTU-C) (voir § 7.4.7 de [UIT-T G.997.1]).

Le numéro de série du VTU-R doit être le numéro de série de l'équipement faisant partie de l'émetteur-récepteur de la ligne d'abonné numérique G.997.1 X à l'extrémité distante (XTU-R) (voir § 7.4.8 de [UIT-T G.997.1]).

NOTE – Le numéro du modèle et le numéro de version du micrologiciel, qui font aussi partie du numéro de série de l'équipement G.997.1 X au XTU-R, ne figurent pas dans le numéro de série des VTU.

La seconde partie a une longueur de 14 bits et doit être produite par le VTU au moyen d'un générateur de nombres aléatoires, qui est choisi par le fournisseur. Le numéro créé aléatoirement doit changer d'une session UIT-T G.994.1 à la suivante.

Si un émetteur-récepteur envoie l'un des messages indiqués dans le Tableau 10-5, ce message doit comporter les identifiants d'émetteur-récepteur indiqués dans ce même tableau. Le code "M" signifie "obligatoire", le code "CO" signifie "facultatif à une condition" et le code "CM" signifie "obligatoire à une condition", la condition étant que l'identifiant de l'émetteur-récepteur à l'extrémité distante soit intégré si et seulement si il a été transmis dans un message précédent au cours de la même session UIT-T G.994.1.

Tableau 10-5 – Identifiants d'émetteur-récepteur intégré dans la session UIT-T G.994.1 et messages d'initialisation

	Identifiant du VTU-O	Identifiant du VTU-R
CLR	–	M
CL	M	CO
MP	CM	M
MS du VTU-O	M	CM
MS du VTU-R	CM	M
O-SIGNATURE	–	CM

Si le VTU-R reçoit un message CL ou MS contenant un identifiant de VTU-R différent de celui du VTU-R envoyé dans le message CLR, il doit répondre par un message NAK-CD suivi de la procédure de libération de session indiquée au § 11.3 de [UIT-T G.994.1].

Si le VTU-O reçoit un message MP ou MS contenant un identifiant de VTU-O différent de celui du VTU-O envoyé dans le message CL, il doit répondre par un message NAK-CD suivi de la procédure de libération de session indiquée au § 11.3 de [UIT-T G.994.1].

Si le VTU-R reçoit un message O-SIGNATURE contenant un identifiant de VTU-R différent de celui du VTU-R envoyé dans le message CLR, il doit revenir à l'état R-SILENT.

Si le VTU-R reçoit un message O-SIGNATURE contenant un identifiant de VTU-R identique à celui du VTU-R envoyé dans le message CLR, la communication n'a été établie qu'entre des émetteurs-récepteurs ayant des identifiants reconnus et l'initialisation se déroule conformément aux dispositions du § 10.3.

NOTE 1 – L'identifiant de l'émetteur-récepteur du VTU-R est intégré dans le message O-SIGNATURE pour éviter toute fausse détection au cas où un VTU-O déciderait d'interrompre la communication pendant l'émission du signal O-P-VECTOR-1.

NOTE 2 – Même si la communication n'a été établie qu'entre des émetteurs-récepteurs ayant des identifiants reconnus, elle peut emprunter un trajet de diaphonie (au lieu du trajet direct). Si tel est le cas, l'intégrité de la matrice de canaux en amont n'est pas compromise pendant la phase R-P-VECTOR 1 de découverte de canal car la VCE ne verra que les séquences pilotes en amont sur chaque ligne en cours d'initialisation.

Le VTU-O doit vérifier que la séquence de message UIT-T G.994.1 lui permet et permet au VTU-R d'obtenir la reconnaissance de l'identifiant de leurs émetteurs-récepteurs pendant la session UIT-T G.994.1. On trouvera dans le Tableau 10-6 une liste d'exemples de ces séquences de message.

Tableau 10-6 – Exemples de séquences de transactions UIT-T G.994.1

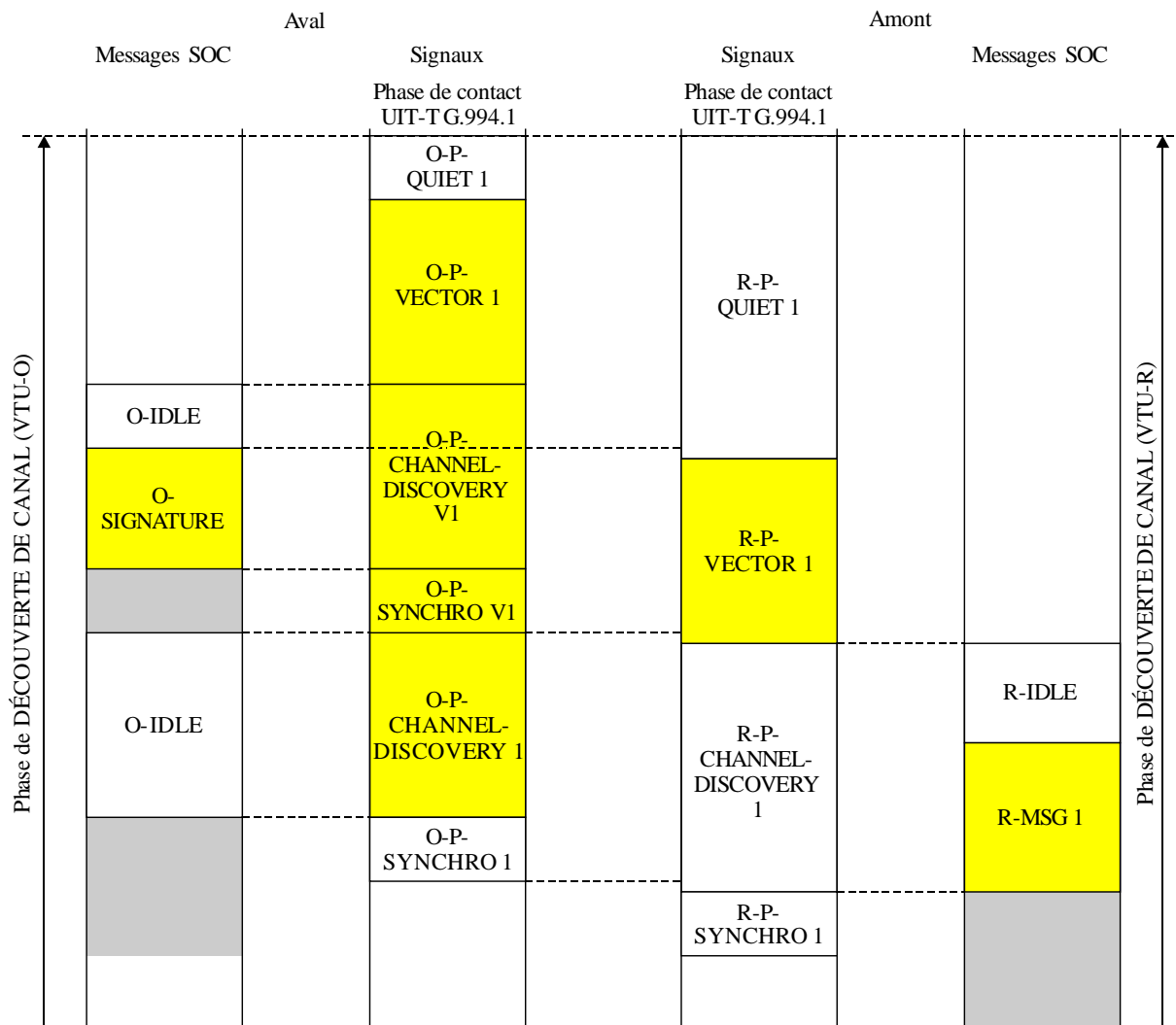
N° d'exemple	Séquence de messages UIT-T G.994.1
1	Transaction C: CLR → CL → ACK(1); Transaction D: MP → MS → ACK(1).
2	Transaction C: CLR → CL → ACK(1); Transaction élargie A:B: MS → REQ-MR → MR → MS → ACK(1).
3	Transaction C: CLR → CL (intégrant l'ID du VTU-R) → ACK(1); Transaction A: MS → ACK(1).
4	Transaction C: CLR → CL (intégrant l'ID du VTU-R) → ACK(1); Transaction B: MR → MS → ACK(1).

10.3 Phase de découverte de canal

10.3.1 Aperçu général

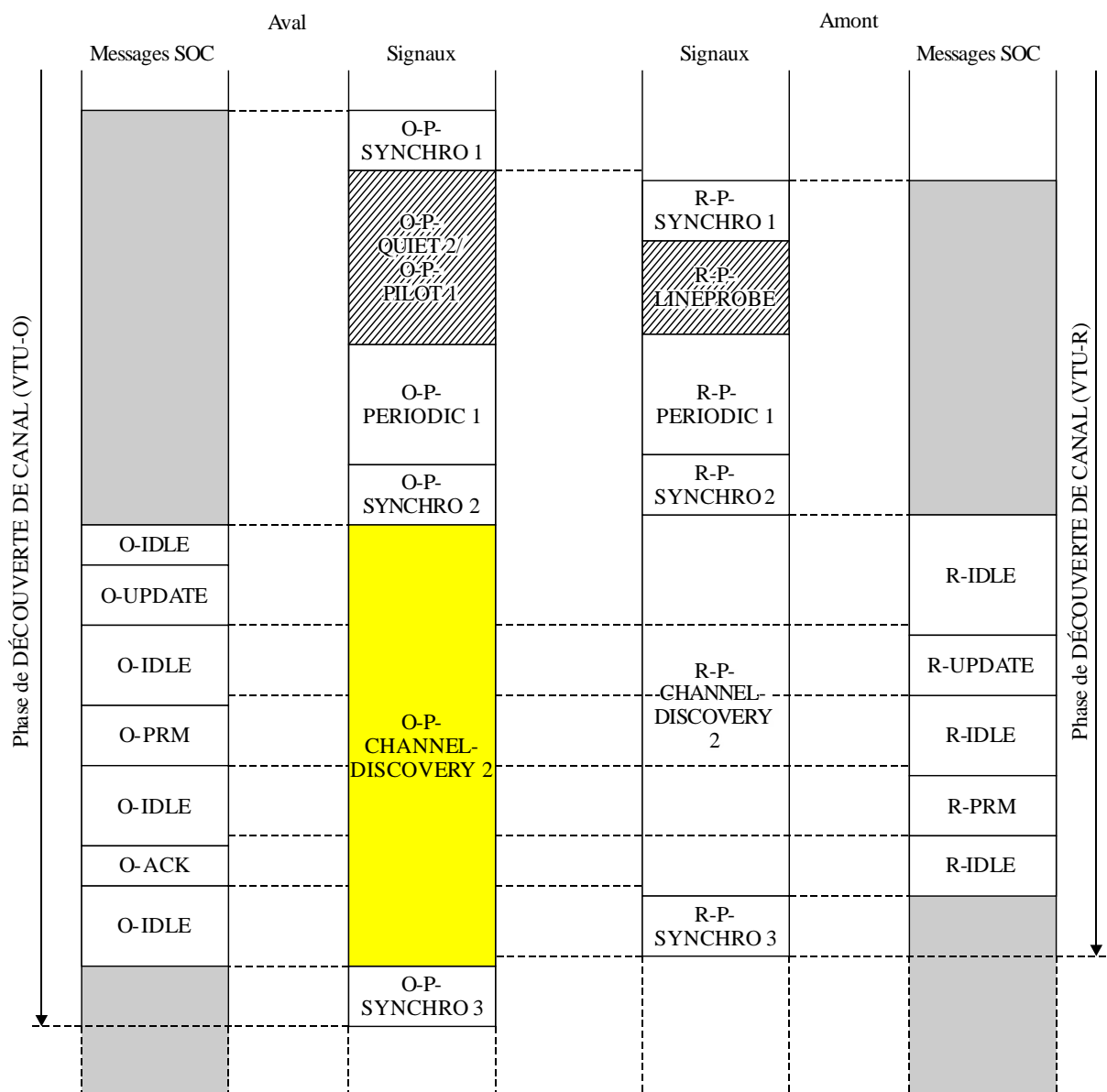
La phase de prise de contact doit être suivie d'une phase de découverte de canal. Si la méthode des vecteurs vers l'aval et vers l'amont est désactivée après la phase UIT-T G.994.1, toutes les parties de l'initialisation qui sont liées à cette méthode doivent être omises et la phase de découverte de canal doit être effectuée conformément aux dispositions de [UIT-T G.993.2].

Si la méthode des vecteurs vers l'aval et vers l'amont est activée, la phase de découverte de canal est une version modifiée de celle qui est décrite dans [UIT-T G.993.2]. Les éléments présentés en surbrillance dans les Figures 10-4 et 10-5 correspondent aux signaux ajoutés et aux signaux ou messages modifiés par rapport à la phase de découverte de canal UIT-T G.993.2 pour les émetteurs-récepteurs UIT-T G.993.5. Les signaux et messages qui ne sont pas en surbrillance restent conformes à [UIT-T G.993.2].



G.993.5(15)_F10-4

Figure 10-4 – Premières étapes de la phase de découverte de canal



G.993.5(15)_F10-5

Figure 10-5 – Dernières étapes de la phase de découverte de canal

10.3.2 Messages SOC modifiés envoyés pendant la phase de découverte de canal

10.3.2.1 O-SIGNATURE

Le message O-SIGNATURE, qui est transmis avec les signaux O-P-CHANNEL DISCOVERY V1 et O-P-CHANNEL DISCOVERY 1, contient un champ de paramètres A et un champ de paramètres B conformes à la Recommandation UIT-T G.993.5. Le champ A est de longueur variable et contient plusieurs paramètres nécessaires à l'opération d'annulation de la télédiaphonie, qui sont illustrés dans le Tableau 10-7. Le champ B contient des paramètres nécessaires pour définir la FDPS vers l'amont, comme le montre le Tableau 10-9.

Tableau 10-7 – Champ de paramètres A UIT-T G.993.5 du message O-SIGNATURE

Champ	Nom du champ	Format
1	<i>ITU-T G.993.5 parameter field A length</i> (Longueur du champ de paramètres A UIT-T G.993.5)	1 octet
2	<i>Vectored downstream bands</i> (Bandes vectorielles en aval)	Descripteur de bandes
3	<i>Upstream pilot sequence length</i> (Longueur de la séquence pilote en amont)	2 octets
4	<i>Upstream pilot sequence</i> (Séquence pilote en amont)	$\lceil N_{pilot_us}/8 \rceil$ octets
5	<i>Upstream sync symbol offset</i> (Décalage du symbole de synchronisation en amont)	1 octet
6	<i>Upstream R-P-VECTOR 1 PSD cutback</i> (Réduction de la PSD dans le signal R-P-VECTOR 1 en amont)	1 octet
7	<i>Downstream sync symbol counter modulo value</i> (N_{SSC}) Valeur modulo (N_{SSC}) du compteur de symboles de synchronisation en aval	2 octets
8	<i>VCE vendor ID and version number</i> (Identifiant du fournisseur et numéro de version de la VCE)	10 octets
9	<i>VTU-R ID</i> (Identifiant du VTU-R)	4 octets

Le champ N° 1, "*ITU-T G.993.5 parameter field A length*" (Longueur du champ de paramètres A UIT-T G.993.5), indique la longueur en octets de ce champ de paramètres A, à l'exclusion de son champ de longueur. Tous les champs figurant dans le Tableau 10-7 doivent être intégrés dans le message O-SIGNATURE du champ de paramètres A. Ce champ doit être représenté par un entier non signé.

Le champ N° 2, "*Vectored downstream bands*" (Bandes vectorielles en aval), définit les bandes de fréquences que la VCE a attribuées à la méthode des vecteurs vers l'aval. Ce champ doit avoir le format d'un "descripteur de bandes" (voir le Tableau 12-18 de [UIT-T G.993.2]). Il ne faut pas spécifier plus de huit bandes. Les indices de sous-porteuse définissant la limite des bandes doivent être conformes aux exigences énoncées au § 7.2.2.

Le champ N° 3, "*Upstream pilot sequence length*" (Longueur de la séquence pilote en amont), définit la longueur de la séquence pilote en amont (N_{pilot_us} , voir § 7.3.3) en bits. Si l'option "*pilot sequence length multiple of 4*" (la longueur de la séquence pilote est un multiple de 4) est activée (voir § 10.2), les valeurs reconnues sont toutes des multiples de 4 compris entre 8 et 512. Dans le cas contraire, les valeurs reconnues sont des puissances de 2 comprises entre 8 et 512. Ce champ doit être représenté par un entier non signé correspondant à la longueur de la séquence.

Le champ N° 4, "*Upstream pilot sequence*" (Séquence pilote en amont), définit la séquence pilote que la VCE a attribuée pour être modulée selon les symboles de synchronisation acheminés par les signaux R-P-VECTOR. Ce champ a un format de chaîne binaire dont la longueur est N_{pilot_us} bits (voir § 7.3.3), le premier bit de la séquence pilote (indice de bit 0) étant mappé sur le LSB du premier octet du champ, et le dernier bit (indice de bit $N_{pilot_us} - 1$) étant mappé sur le MSB du dernier octet du champ. La longueur du champ doit être calculée à partir du champ N° 3 selon la formule

$\lceil N_{pilot_us}/8 \rceil$. Si N_{pilot_us} n'est pas un multiple de 8, les quatre MSB du dernier octet de ce champ doivent être fixés à 0.

Le champ N° 5, "*Upstream sync symbol offset*" (Décalage du symbole de synchronisation en amont), définit le décalage temporel (exprimé en nombre de symboles) que la VCE a fixé entre le symbole de synchronisation en aval et le symbole de synchronisation en amont. Ce champ doit être représenté par un entier en complément à 2 dont les valeurs reconnues sont comprises entre -127 et +127, sauf la valeur 0, un décalage négatif indiquant que les symboles de synchronisation en amont sont retardés par rapport aux symboles de synchronisation en aval.

NOTE – La valeur 0 est exclue de la fourchette des valeurs reconnues pour le décalage entre les symboles de synchronisation vers l'amont et l'aval sur une interface U parce qu'elle peut avoir une incidence sur le traitement des symboles de synchronisation prévu par le fournisseur du fait que le signal d'écho est moins aléatoire.

Le champ N° 6, "*Upstream R-P-VECTOR 1 PSD cutback*" (Réduction de la PSD dans le signal R-P-VECTOR 1 en amont), indique que la VCE applique un affaiblissement plat de la transmission vers l'amont de la PSD dans le signal R-P-VECTOR 1, en plus de la réduction de puissance vers l'amont. Il est codé par pas de 0,1 dB dans une fourchette allant de 0 à 25,5 dB. Ce champ doit être représenté par un entier non signé dans une fourchette de valeurs entre 0 (0 dB) et 255 (25,5 dB).

Le champ N° 7, "*Downstream sync symbol counter modulo value (N_{SSC})*" (Valeur modulo (N_{SSC}) du compteur de symboles de synchronisation en aval), définit la valeur modulo à employer pour que le compteur de symboles de synchronisation en aval soit maintenu pendant la phase active. Si l'option "*pilot sequence length multiple of 4*" (la longueur de la séquence pilote est un multiple de 4) est activée (voir § 10.2), ce champ est codé par un entier non signé qui représente la valeur de N_{SSC} et dont la seule valeur reconnue est la plus faible des valeurs telles que $(2n \times N_{pilot_ds}) \geq 1024$, où n est un entier. Dans le cas contraire, il est codé par un entier non signé avec une seule valeur reconnue si N_{SSC} est égal à 1024.

NOTE – Si N_{SSC} est un entier multiple de la longueur de la séquence pilote, on peut déduire l'indice de bit de la séquence pilote à partir du compteur de symboles de synchronisation en aval en effectuant une opération modulo.

Le champ N° 8, "*VCE vendor ID and version number*" (Identifiant du fournisseur et numéro de version de la VCE), définit l'identifiant du fournisseur et le numéro de version de la VCE. Il comporte 10 octets, dont la définition et le format sont indiqués dans le Tableau 10-8.

Le champ N° 9, "*VTU-R ID*" (Identifiant du VTU-R), contient l'identifiant sur 30 bits de l'émetteur-récepteur du VTU-R (les deux MSB de ce champ étant fixés à 00₂). Si le VTU-O a reçu l'identifiant du VTU-R au cours de la session UIT-T G.994.1 la plus récente, ce champ doit contenir l'identifiant en question; dans le cas contraire, il doit être fixé à 00000000₁₆.

Tableau 10-8 – Bloc d'informations (sur 10 octets) contenant l'identifiant du fournisseur de la VCE

Indicatif de pays T.35 – (2 octets – Note 1)
Code fournisseur (identification du fournisseur) – (4 octets – Note 2)
Informations propres au fournisseur – (4 octets)
NOTE 1 – Si les bits du premier octet ne sont pas tous fixés à UN binaire, les bits du second octet doivent être fixés à ZÉRO binaire par l'émetteur et ignorés par le récepteur. L'indicatif de pays a pour seul objet de désigner le pays d'enregistrement du code fournisseur.
NOTE 2 – La spécification du codage et l'ordre de transmission de ce champ dépendent de l'organisme de normalisation régional qui attribue le code fournisseur. Voir l'Appendice II de [UIT-T G.994.1] sur les points de contact permettant de se procurer les codes fournisseur.

Tableau 10-9 – Champ de paramètres B UIT-T G.993.5 du message O-SIGNATURE

Champ	Nom du champ	Format
1	<i>ITU-T G.993.5 parameter field B length</i> (Longueur du champ de paramètres B UIT-T G.993.5)	2 octets
2	<i>Upstream FDPS</i> (FDPS vers l'amont)	Descripteur de la FDPS vers l'amont

Le champ N° 1, "*ITU-T G.993.5 parameter field B length*" (Longueur du champ de paramètres B UIT-T G.993.5), indique la longueur de ce champ en octets, à l'exclusion du champ de longueur. Si aucun des champs suivant le champ N° 1 n'est intégré dans le champ de paramètres B UIT-T G.993.5, celui-ci doit avoir une longueur de deux octets et doit prendre la valeur 0000₁₆. Il doit être représenté par un entier non signé.

Le champ N° 2, "*Upstream FDPS*" (FDPS vers l'amont), définit les séquences pilotes indépendantes supplémentaires que la VCE a attribuées pour être modulées selon les symboles de synchronisation acheminés dans les signaux R-P-VECTOR et la manière dont ces séquences doivent être calculées. Ce champ doit avoir le format d'un "descripteur de la FDPS vers l'amont" (voir le Tableau 10-10). Si la FDPS vers l'amont est désactivée pendant toute la phase UIT-T G.994.1, son descripteur ne doit pas figurer dans le champ de paramètres B UIT-T G.993.5.

Tableau 10-10 – Descripteur de la FDPS vers l'amont

Champ	Nom du champ	Format
1	<i>Index of the associated independent pilot sequence</i> (Indice de la séquence pilote indépendante associée)	3 octets
2	<i>Sign of the sequence relatively to the associated independent sequence</i> (Signe de la séquence par rapport à la séquence indépendante associée)	1 octet
3	<i>Cyclical shift of the sequence relative to the associated independent sequence</i> (Déplacement cyclique de la séquence par rapport à la séquence indépendante associée)	3 octets
4	<i>Number of additional independent pilot sequences (Naips)</i> (Nombre de séquences pilotes indépendantes supplémentaires – <i>Naips</i>)	1 octet
5	<i>Bits of independent pilot sequence #1</i> (Bits de la séquence pilote indépendante N° 1)	$\lceil N_{pilot_us}/8 \rceil$ octets

	<i>Bits of independent pilot sequence #Naips</i> (Bits de la séquence pilote indépendante N° <i>Naips</i>)	$\lceil N_{pilot_us}/8 \rceil$ octets

Le champ N° 1, "*Index of the associated independent pilot sequence*" (Indice de la séquence pilote indépendante associée), est un champ de 24 bits divisé en huit sous-champs de 3 bits. Le premier sous-champ (dans les trois LSB) représente l'indice de la séquence pilote indépendante qui doit devenir la séquence pilote N° 0; le huitième sous-champ (dans les trois MSB) représente l'indice de la séquence pilote indépendante qui doit devenir la séquence pilote N° 7. L'indice doit être représenté par un entier non signé sur 3 bits.

Le champ N° 2, "*Sign of the sequence relatively to the associated independent pilot sequence*" (Signe de la séquence par rapport à la séquence indépendante associée), est une trame de 8 bits dont le 0 indique que la séquence pilote ayant l'indice considéré a le même signe que la séquence pilote indépendante associée, et le 1 indique que l'indice a le signe opposé. Le LSB indique s'il faut appliquer une inversion de signe par rapport à la séquence pilote N° 0, et le MSB indique s'il faut appliquer une inversion de signe par rapport à la séquence pilote N° 7.

Le champ N° 3, "*Cyclical shift of the sequence relative to the associated independent pilot sequence*" (Déplacement cyclique de la séquence par rapport à la séquence indépendante associée), est un champ de 24 bits divisé en huit sous-champs de 3 bits. Le premier sous-champ (dans les trois LSB) représente le déplacement cyclique de la séquence pilote N° 0 par rapport à la séquence pilote indépendante associée; le huitième sous-champ (dans les trois MSB) représente le déplacement cyclique de la séquence pilote N° 7 par rapport à la séquence pilote indépendante associée. La valeur du sous-champ est celle du déplacement cyclique réel (*CyS*); elle est représentée par un entier non signé dont la valeur est comprise en 0 et 7, avec:

bit [*i*] de la séquence pilote =

bit [$(i + CyS \times N_{pilot_us} / 8) \text{ MOD } N_{pilot_us}$] de la séquence pilote indépendante associée.

Si *N_{pilot_us}* est un multiple impair de 4, la valeur de *CyS* doit être paire.

Le champ N° 4, "*Number of additional independent pilot sequences (Naips)*" (Nombre de séquences pilotes indépendantes supplémentaires – *Naips*) est un champ d'un octet représentant le nombre de séquences pilotes indépendantes supplémentaires intégrées dans le descripteur de la FDPS en amont. Les valeurs reconnues du *Naips* sont comprises entre 0 et 7.

Le champ N° 5, "*Bits of additional independent pilot sequences*" (Bits de la séquence pilote indépendante N° 1), définit les bits des *Naips* séquences pilotes indépendantes supplémentaires (c'est-à-dire des séquences pilotes indépendantes N° 1 à N° *Naips*) que la VCE a attribuées pour être modulées selon les symboles de synchronisation en amont. Chaque séquence a une longueur de *N_{pilot_us}* bits (voir § 7.3.3) et est mappée vers $\lceil N_{pilot_us}/8 \rceil$ octets conformément à la définition du champ N° 4 dans le Tableau 10-7 (le dernier octet pouvant être incomplet). La longueur totale du champ doit être de $beNaips \times \lceil N_{pilot_us}/8 \rceil$ octets. Les bits de la séquence pilote indépendante N° 0 sont communiqués au champ N° 4 (Séquence pilote en amont) du champ de paramètres A UIT-T G.993.5.

10.3.2.2 R-MSG1

Le message R-MSG1 (défini dans le Tableau 12-24 de [UIT-T G.993.2]), qui est transmis dans le signal R-P-CHANNEL DISCOVERY 1, contient un champ de paramètres UIT-T G.993.5. Celui-ci contient plusieurs paramètres nécessaires à l'opération d'annulation de la télédiaphonie, qui sont illustrés dans le Tableau 10-11.

Tableau 10-11 – Champ de paramètres UIT-T G.993.5 du message R-MSG1

Champ	Nom du champ	Format
1	<i>ITU-T G.993.5 parameter field length</i> (Longueur du champ de paramètres UIT-T G.993.5)	1 octet
2	<i>Maximum number of FEXT estimation symbols per superframe</i> (Nombre maximum de symboles d'estimation de la télédiaphonie par supertrame)	1 octet
3	<i>Support of optional backchannel control parameters</i> (Prise en charge des paramètres facultatifs de commande du canal de retour)	Descripteur de paramètres

Le champ N° 1, "*ITU-T G.993.5 parameter field length*" (Longueur du champ de paramètres UIT-T G.993.5), indique la longueur en octets du champ réservé au descripteur de la méthode des vecteurs, à l'exclusion du champ de longueur. Tous les champs indiqués dans le Tableau 10-11 doivent être intégrés dans le message R-MSG1. Le champ doit être représenté par un entier non signé.

Le champ N° 2, "*Maximum number of FEXT estimation symbols per superframe*" (Nombre maximum de symboles d'estimation de la télédiaphonie par supertrame), définit le nombre maximum (K_{max}) de symboles de la supertrame pour lesquels le VTU-R prend en charge la transmission d'échantillons d'erreurs (voir § 10.4.2.1). Le champ doit avoir le format d'un entier non signé, les valeurs reconnues de K_{max} étant 1, 2, 4, 6 et 8. Le VTU-R doit prendre en charge la valeur de $K_{max} = 1$. Les autres valeurs de K_{max} sont facultatives.

Le champ N° 3, "*Support of optional backchannel control parameters*" (Prise en charge des paramètres facultatifs de commande du canal de retour), indique les valeurs des paramètres facultatifs de commande du canal de retour prises en charge par le VTU-R, conformément aux indications du Tableau 10-12.

Tableau 10-12 – Descripteur des paramètres facultatifs de commande du canal de retour

Bit	Description
0	Fixé à 1 si $F_{block} = 32$ avec $padding = 0$ est pris en charge, et 0 dans les autres cas.
1	Fixé à 1 si $F_{block} = 32$ avec $padding = 1$ est pris en charge, et 0 dans les autres cas.
2	Fixé à 1 si $F_{sub} = 1$ est pris en charge, et 0 dans les autres cas.
3	Fixé à 1 si $L_w = 9$ est pris en charge, et 0 dans les autres cas.
4	Fixé à 1 si $L_w = 10$ est pris en charge, et 0 dans les autres cas.
5	Fixé à 1 si $L_w = 11$ est pris en charge, et 0 dans les autres cas.
6	Fixé à 1 si $L_w = 12$ est pris en charge, et 0 dans les autres cas.
7	Réservé par l'UIT-T; doit être fixé à 0.

10.3.3 Signaux propres à la méthode des vecteurs envoyés par le VTU-O pendant la phase de découverte de canal

10.3.3.1 O-P-VECTOR 1

Le signal O-P-QUIET 1 doit être suivi du signal O-P-VECTOR 1.

Le signal O-P-VECTOR 1 doit se composer uniquement de symboles de synchronisation et de symboles de silence. Les symboles de synchronisation doivent être transmis à chaque position des symboles de synchronisation vers l'aval (conformément au § 6.2.3). Les symboles de silence doivent être transmis aux positions de tous les autres symboles (voir Figure 10-2).

Les symboles de synchronisation du signal O-P-VECTOR 1 doivent être produits de la manière décrite au § 10.5 de [UIT-T G.993.2]. Ils doivent moduler une séquence pilote. Celle-ci est une séquence répétitive, conformément à la définition du § 6.2.3, que la VCE attribue à la ligne en cours d'initialisation. Chaque tonalité de sondage d'un symbole de synchronisation présent dans la liste SUPPORTEDCARRIERSds et dont le bit de séquence pilote est égal à ZÉRO doit moduler un point de constellation 00; si le bit de séquence pilote est égal à UN, elle doit moduler un point de constellation 11. Les points de constellation 00 et 11 doivent être conformes à la constellation MAQ-4 définie au § 10.3.3.2.1 de [UIT-T G.993.2]. Les points de constellation sur les sous-porteuses doivent ensuite subir une rotation effectuée par l'embrouilleur de quadrant défini au § 12.3.6.2 de [UIT-T G.993.2].

Si le bit "*8192 superframes duration for O-P-VECTOR 1*" (La durée du signal O-P-VECTOR 1 est de 8192 superframes) est désactivé dans la phase UIT-T G.994.1 (voir § 10.2), la PSD d'émission de toutes les sous-porteuses doit être égale à *CDPSDs* pour les symboles de synchronisation.

Si le bit "*8192 superframes duration for O-P-VECTOR 1*" est activé et que le bit "*Use of O-P-VECTOR 1 flag tones only*" (Utiliser exclusivement des tonalités de fanion du signal O-P-VECTOR 1) est désactivé dans la phase UIT-T G.994.1 (voir § 10.2), la PSD d'émission de toutes les sous-porteuses doit être égale à *CDPSDs* pour les symboles de synchronisation.

Si les deux bits "*8192 superframes duration for O-P-VECTOR 1*" et "*Use of O-P-VECTOR 1 flag tones only*" sont activés dans la phase UIT-T G.994.1 (voir § 10.2), la PSD d'émission de toutes les sous-porteuses doit être égale à *CDPSDs* pour les symboles de synchronisation, sauf que pour les N premiers symboles de synchronisation, la puissance d'émission de toutes les tonalités de sondage doit être nulle (la valeur de N étant déterminée par la VCE et se situant dans une fourchette de 0 à 2048 symboles de synchronisation).

NOTE 1 – On trouvera dans l'Appendice II une méthode permettant de déterminer la valeur de N .

La durée du signal O-P-VECTOR 1 dépend du fournisseur, mais elle doit être au minimum de 4×257 symboles et au maximum de $M \times 1024 \times 257$ symboles. Les valeurs de M reconnues sont 1 et 8. La prise en charge de $M = 1$ est obligatoire pour le VTU-O et le VTU-R. La prise en charge de $M = 8$ est facultative pour le VTU-O comme pour le VTU-R. Si le bit "*8192 superframes duration for O-P-VECTOR 1*" est activé dans la phase [UIT-T G.994.1] (voir § 10.2) alors $M = 8$. Dans tous les autres cas, $M = 1$.

NOTE 2 – Il est conseillé de faire en sorte que la VCE raccourcisse le signal O-P-VECTOR 1 pour accélérer le démarrage du système complet.

NOTE 3 – L'Appendice II contient des exemples de commande, par la VCE, du processus d'initialisation lors de l'activation de plusieurs lignes du groupe vectoriel. Le § II.2 présente le cas où la VCE commande ce processus au moyen du bit "*8192 superframes duration for O-P-VECTOR 1*" dans le cadre de la gestion de deux groupes de ligne. Le § II.3 présente le cas où la VCE commande le processus par une prise de contact.

Lors de l'émission du signal O-P-VECTOR 1, le message SOC se trouve dans l'état inactif.

Au cours de cette transmission, la VCE estime les canaux de télédiaphonie en aval des lignes en cours d'initialisation vers les lignes vectorielles en se fondant sur les échantillons d'erreurs échantillonnés qui lui ont été transmis par les VTU-R des lignes vectorielles. À partir de ce point, les matrices d'annulation de la télédiaphonie sont établies dans les VTU-O pour toutes les lignes vectorielles vers l'aval, et la télédiaphonie des lignes en cours d'initialisation vers les lignes vectorielles est annulée.

Le signal O-P-VECTOR 1 doit être suivi du signal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1, qui détermine la durée réelle du signal O-P-VECTOR 1. L'heure de début de l'émission du signal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1 est déterminée par la VCE.

10.3.3.2 O-P-CHANNEL DISCOVERY V1

Le signal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1 doit être identique au signal O-P-CHANNEL DISCOVERY 1 défini au § 12.3.3.3.1 de [UIT-T G.993.2], auquel s'ajoutent des marqueurs indiquant les positions des symboles de synchronisation vers l'aval et la position de la séquence pilote vers l'amont (conformément au § 10.3.3.5).

Pour ajouter les marqueurs, il faut moduler sur tous les symboles les sous-porteuses ayant un indice $10n+9$ et un point de constellation 00 ou 11, conformément au § 10.3.3.5.

Au cours de l'émission du signal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1, le message SOC se trouve dans l'état actif; il envoie le signal O-IDLE pendant une durée d'au moins 1500 symboles et d'au plus 2000 symboles, puis il envoie le message O-SIGNATURE défini au § 12.3.3.2.1 de [UIT-T G.993.2] et au § 10.3.2.1. Le message O-SIGNATURE doit être envoyé en mode de répétition automatique, comme c'est le cas pour le message O-SIGNATURE défini dans [UIT-T G.993.2].

Le signal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1 doit être suivi du signal O-P-SYNCHRO V1, qui détermine la durée réelle du signal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1. L'heure de début de l'émission du signal O-P-SYNCHRO V1 est déterminée par la VCE.

10.3.3.3 O-P-SYNCHRO V1

Le signal O-P-SYNCHRO V1 doit être identique au signal O-P-SYNCHRO 1 défini au § 12.3.3.3.1 de [UIT-T G.993.2].

Au cours de l'émission du signal O-P-SYNCHRO V1, le canal SOC est en état inactif.

Une fois que le VTU-O a transmis le signal O-P-SYNCHRO V1, la VCE informe le VTU-R du fait que l'estimation des canaux de télédiaphonie en amont est achevée et que le VTU-R doit cesser de transmettre le signal R-P-VECTOR 1. Le VTU-O ne doit pas transmettre le signal O-P-SYNCHRO V1 avant que la VCE n'ait détecté que le signal R-P-VECTOR 1 a été transmis pendant au moins 4×257 symboles.

Le signal O-P-SYNCHRO V1 doit être suivi du signal O-P-CHANNEL DISCOVERY 1.

10.3.3.4 O-P-CHANNEL DISCOVERY 1 et O-P-CHANNEL DISCOVERY 2

Ces signaux doivent être identiques respectivement aux signaux O-P-CHANNEL DISCOVERY 1 et O-P-CHANNEL DISCOVERY 2 définis au § 12.3.3.3.1 de [UIT-T G.993.2], auxquels s'ajoutent des marqueurs indiquant les positions des symboles de synchronisation vers l'aval et la position de la séquence pilote vers l'amont (conformément au § 10.3.3.5). Le schéma des marqueurs doit être conservé en tenant compte de toutes les positions de symboles de synchronisation en aval depuis le début du signal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1.

NOTE – Il est conseillé de ne pas transmettre les signaux O-P-SYNCHRO 1 et O-P-SYNCHRO 3 vers des positions de symboles de synchronisation en aval.

Au cours de l'émission du signal O-P-CHANNEL DISCOVERY 1, le VTU-O doit transmettre le signal O-IDLE; cette transmission doit commencer après le dernier symbole du signal O-P-SYNCHRO V1.

10.3.3.5 Marqueurs des symboles de synchronisation en aval et de la séquence pilote en amont

Pour indiquer la position temporelle des symboles de synchronisation en aval et la position temporelle (requis par la VCE) des symboles de synchronisation en amont et de la séquence pilote en amont, le VTU-O doit moduler le sous-ensemble des sous-porteuses ayant un indice $10n+9$ avec le point de constellation 00 ou 11 de la constellation MAQ-4, avant l'intervention de l'embrouilleur de quadrant. Toutes ces sous-porteuses doivent être modulées avec les mêmes informations par symbole, c'est-à-dire 00 ou 11. Les symboles dont les sous-porteuses sont modulées avec des 00 ou des 11 sont en outre désignés dans le présent paragraphe respectivement par des symboles ZÉRO ou UN. Une séquence de symboles ZÉRO et UN forme un schéma permettant d'indiquer les positions temporelles des symboles de synchronisation et de la séquence pilote.

La Figure 10-6 illustre le schéma de modulation des symboles. La position temporelle d'un symbole de synchronisation en aval doit être indiquée par huit symboles UN consécutifs, en commençant à la position temporelle du symbole de synchronisation en aval des lignes vectorielles. Le VTU-R doit déduire la position temporelle du symbole de synchronisation en amont à partir de la position temporelle communiquée pour le symbole de synchronisation en aval, en appliquant le décalage entre les symboles en amont et en aval qui est communiqué par le VTU-R dans le message O-SIGNATURE.

La position temporelle de la séquence pilote en amont doit être indiquée par un schéma de 20 symboles suivant le schéma de huit UN consécutifs (voir Figure 10-6). Ce schéma de symboles UN et ZÉRO doit représenter l'indice de bit de la séquence pilote en amont qui module les sous-porteuses du symbole de synchronisation en amont associé (par la valeur du décalage) au symbole de synchronisation en aval précédant le schéma de 20 symboles précité (comme le montre la Figure 10-6).

L'indice de bit de la séquence pilote en amont doit être représenté par un entier non signé, et chaque bit de cet entier est représenté par deux symboles consécutifs dans le schéma, les symboles 7 et 8 représentant le LSB dans la Figure 10-6. La valeur de bit 0 doit être représentée par un symbole ZÉRO suivi d'un symbole UN. La valeur de bit 1 doit être représentée par un symbole UN suivi d'un symbole ZÉRO. Tous les symboles suivant le schéma de 20 symboles doivent être des ZÉRO jusqu'à la position temporelle du symbole de synchronisation en aval suivant.

NOTE – Grâce à cette technique, il est possible de détecter la position temporelle du symbole de synchronisation en amont en recherchant un schéma de huit UN consécutifs, et l'indice de bit de la séquence pilote en décodant les 20 symboles suivants. On peut ainsi détecter rapidement la position temporelle de la séquence pilote en amont. Le schéma de 10 bits décodé à partir des 20 symboles suivants indique l'indice de bit de la séquence pilote en amont associée au symbole de synchronisation en amont détecté.

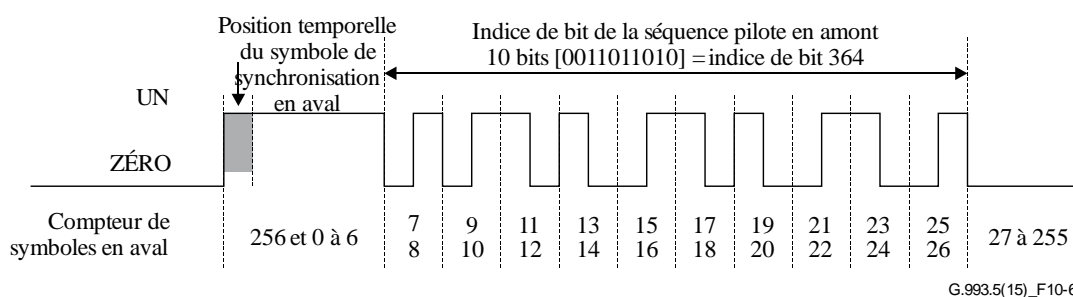


Figure 10-6 – Schéma modulé sur les sous-porteuses $10n+9$ suivant la position du symbole de synchronisation des lignes vectorielles

10.3.3.6 Initialisation de plusieurs lignes

Lorsque la VCE initialise plusieurs lignes:

- Les canaux de diaphonie vers l'aval des lignes en cours d'initialisation vers les lignes actives du groupe vectoriel devraient être estimés simultanément en s'assurant que les signaux O-P-VECTOR 1 sont envoyés à toutes les lignes en cours d'initialisation pendant l'estimation. À cette fin, il faut contrôler la fin et le début du signal O-P-VECTOR 1 dans chaque ligne.
- Les canaux de diaphonie vers l'amont des lignes en cours d'initialisation vers les lignes actives du groupe vectoriel devraient être estimés simultanément en s'assurant que les signaux R-P-VECTOR 1 sont envoyés à toutes les lignes en cours d'initialisation pendant l'estimation. À cette fin, il faut contrôler la fin du signal R-P-VECTOR 1 ainsi que le début du signal O-P-SYNCHRO V1 dans chaque ligne.

10.3.4 Vectorisation de signaux spécifiques du VTU-R émis pendant la phase de découverte de canal

10.3.4.1 R-P-VECTOR 1

Le VTU-R doit transmettre le signal R-P-QUIET jusqu'à ce qu'il reçoive correctement le message O-SIGNATURE.

Après avoir reçu le message O-SIGNATURE, le VTU-R doit transmettre le signal R-P-VECTOR 1.

Le VTU-R doit découvrir les positions des symboles de synchronisation en aval et en déduire les positions des symboles de synchronisation en amont, en détectant les marqueurs des symboles de synchronisation dans le signal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1.

Le signal R-P-VECTOR 1 doit se composer uniquement de symboles de synchronisation et de symboles de silence. Les symboles de synchronisation doivent être transmis à chaque position des symboles de synchronisation vers l'amont (conformément au § 7.3.2). Ces positions doivent être les positions des symboles de synchronisation vers l'aval (indiquées par les marqueurs dans le signal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1) avancés ou retardés selon le décalage des symboles de synchronisation vers l'amont (figurant dans le message O-SIGNATURE). Les symboles de silence doivent être transmis à toutes les autres positions temporelles (voir Figure 10-2).

Les symboles de synchronisation du signal R-P-VECTOR 1 doivent être produits de la manière décrite au § 10.4.4 de [UIT-T G.993.2]. Ils doivent moduler une séquence pilote. La transmission de symboles de synchronisation doit commencer à partir du symbole de synchronisation qui achemine le premier point de référence identifié dans la séquence pilote en amont. Le rythme des points de référence de la séquence pilote est indiqué par les marqueurs dans le signal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1, conformément au § 10.3.3.5.

La séquence pilote est une séquence répétitive, conformément à la définition du § 6.2.3, que la VCE attribue à la ligne en cours d'initialisation et communique au VTU-R dans le message O-SIGNATURE. Chaque tonalité de sondage d'un symbole de synchronisation présent dans la liste SUPPORTEDCARRIERS_{us} et dont le bit de séquence pilote est égal à ZÉRO doit moduler un point de constellation 00; si le bit de séquence pilote est égal à UN, elle doit moduler un point de constellation 11 (la liste SUPPORTEDCARRIERS_{us} figure également dans le message O-SIGNATURE). Les points de constellation 00 et 11 doivent être conformes à la constellation MAQ-4 définie au § 10.3.3.2.1 de [UIT-T G.993.2]. Les points de constellation sur les sous-porteuses doivent ensuite subir une rotation effectuée par l'embrouilleur de quadrant défini au § 12.3.6.2 de [UIT-T G.993.2].

La PSD d'émission de toutes les sous-porteuses doit être égale à $CDPSD_{us}$ et doit respecter la limite de PSD vers l'amont imposée par le VTU-O selon les indications du message O-SIGNATURE.

Au cours de l'émission du signal R-P-VECTOR 1, le canal SOC est en état inactif.

Lors de cette transmission, la VCE estime les canaux de télédiaphonie en amont des lignes en cours d'initialisation vers les lignes vectorielles. À partir de ce point, les matrices d'annulation de la télédiaphonie sont établies dans les VTU-O pour toutes les lignes vectorielles vers l'amont, et la télédiaphonie des lignes en cours d'initialisation vers les lignes vectorielles est annulée.

La durée du signal R-P-VECTOR 1 est déterminée par le VTU-O. Le VTU-R doit mettre fin à l'émission du signal R-P-VECTOR 1 dans les 64 symboles suivant le dernier symbole du signal O-P-SYNCHRO V1. La durée du signal R-P-VECTOR 1 ne doit pas être supérieure à 1024×257 symboles.

Le signal R-P-VECTOR 1 doit être suivi du signal R-P-CHANNEL DISCOVERY 1.

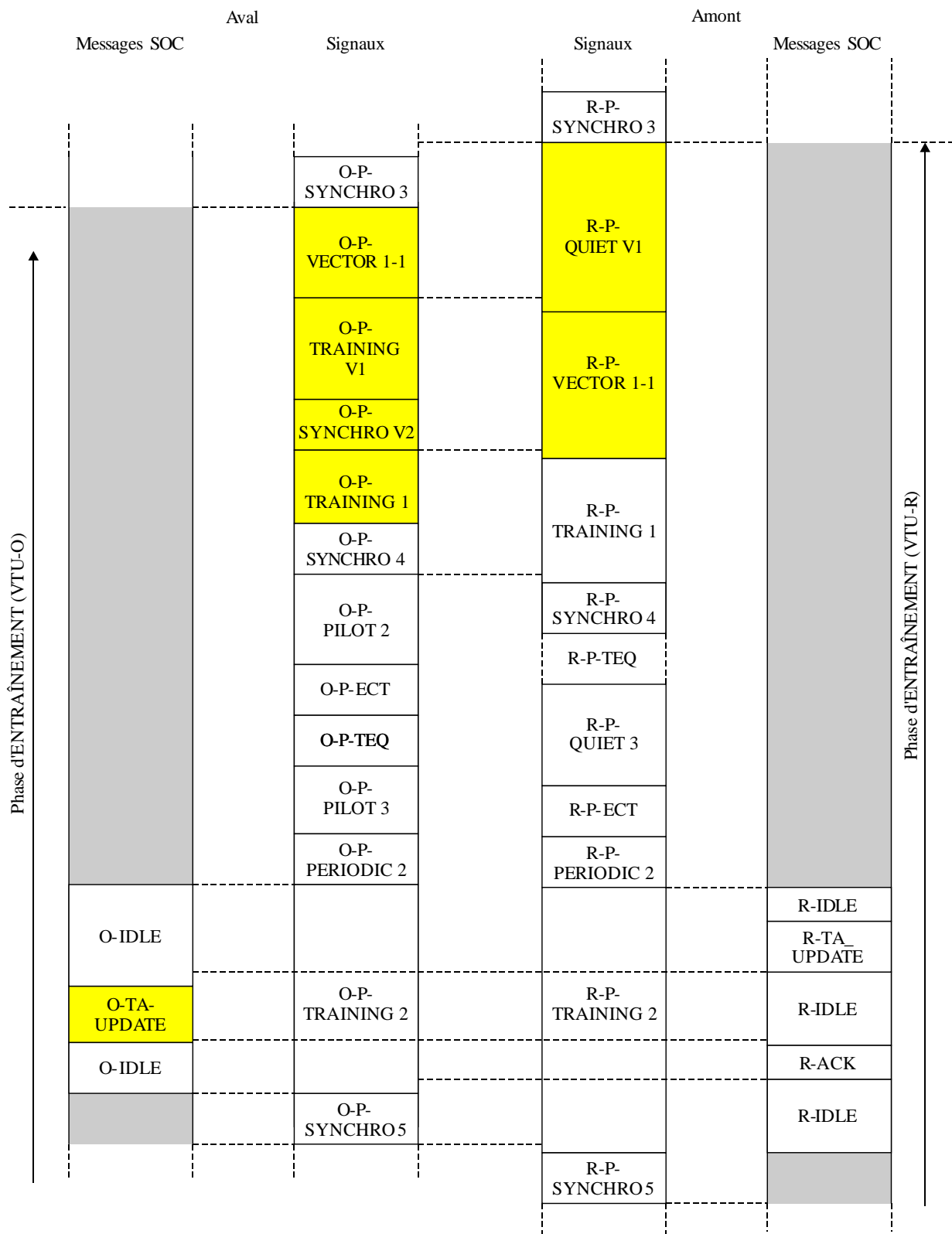
10.4 Phase d'entraînement

10.4.1 Aperçu général

La phase de découverte de canal est suivie de la phase d'entraînement. Si la méthode des vecteurs vers l'aval et vers l'amont est désactivée après la phase UIT-T G.994.1, toutes les parties liées à cette méthode doivent être omises et la phase d'entraînement doit être effectuée conformément aux dispositions de [UIT-T G.993.2].

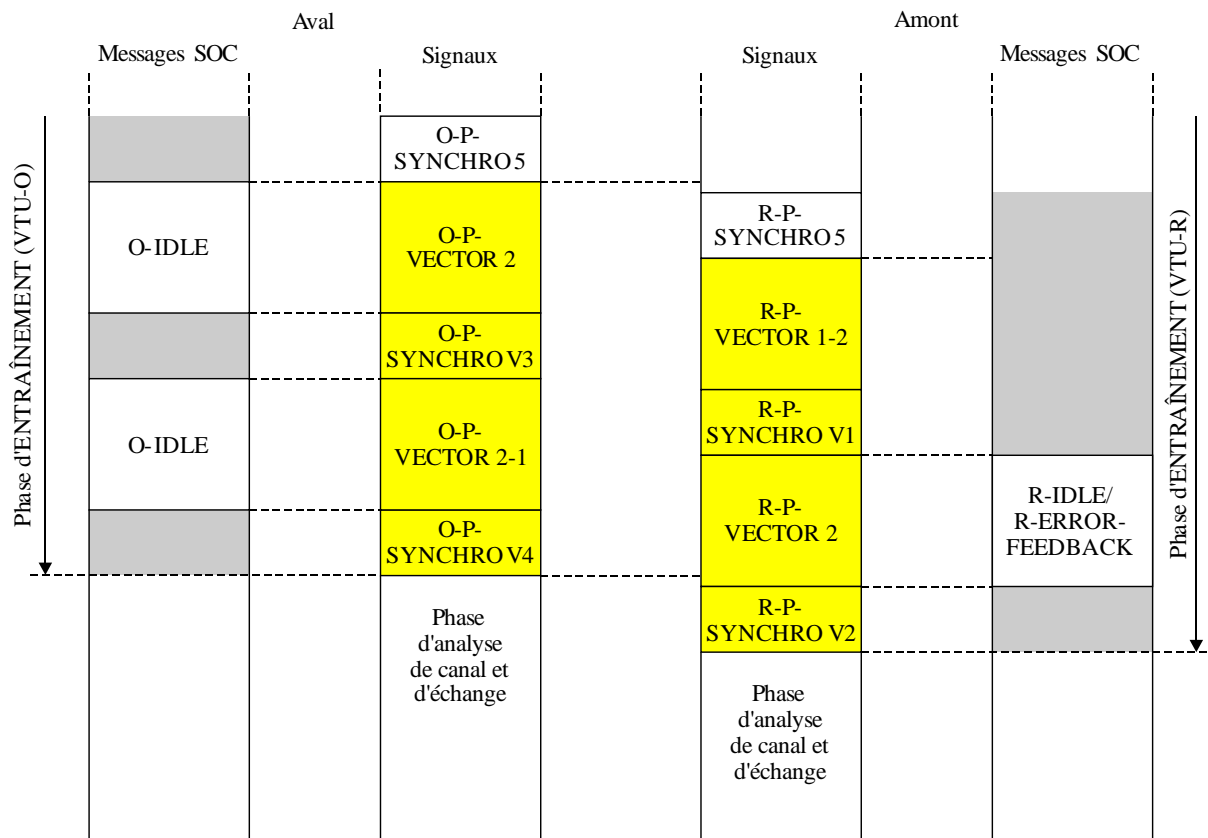
Si la méthode des vecteurs vers l'aval et vers l'amont est activée, la phase d'entraînement est une version modifiée de celle qui est décrite dans [UIT-T G.993.2].

Les éléments présentés en surbrillance dans les Figures 10-7 et 10-8 correspondent aux signaux ajoutés et aux signaux ou messages modifiés par rapport à la phase d'entraînement UIT-T G.993.2 pour les émetteurs-récepteurs UIT-T G.993.5. Les signaux et messages qui ne sont pas en surbrillance restent conformes à [UIT-T G.993.2].



G.993.5(15)_F10-7

Figure 10-7 – Premières étapes de la phase d'entraînement



G.993.5(15)_F10-8

Figure 10-8 – Dernières étapes de la phase d'entraînement

10.4.2 Messages SOC modifiés envoyés pendant la phase d'entraînement

10.4.2.1 O-TA_UPDATE

Le message O-TA_UPDATE (défini dans le Tableau 12-32 de [UIT-T G.993.2]) qui est transmis avec le signal O-P-TRAINING 2 contient un champ de paramètres UIT-T G.993.5. Ce champ de paramètres contient plusieurs paramètres nécessaires à l'opération d'annulation de la télédiaphonie, qui sont illustrés dans le Tableau 10-13.

Tableau 10-13 – Champ de paramètres du message O-TA_UPDATE

Champ	Nom du champ	Format
1	<i>ITU-T G.993.5 parameter field length</i> (Longueur du champ de paramètres UIT-T G.993.5)	1 octet
2	<i>Error report control parameters</i> (Paramètres de commande du rapport d'erreurs)	Descripteur de configuration du rapport d'erreurs
3	<i>SOC repetition factor (1/R)</i> (Facteur de répétition du message SOC (1/R))	1 octet
4	<i>FEXT estimation symbols per superframe</i> (Symboles d'estimation de la télédiaphonie par supertrame)	1 octet

Le champ N° 1, "*ITU-T G.993.5 parameter field length*" (Longueur du champ de paramètres UIT-T G.993.5), indique la longueur en octets de ce champ de paramètres, à l'exclusion de son champ de longueur. Tous les champs figurant dans le Tableau 10-13 doivent être intégrés dans le message O-TA_UPDATE. Ce champ de paramètres doit être représenté par un entier non signé.

Le champ N° 2, "*Error report control parameters*" (Paramètres de commande du rapport d'erreurs), définit les paramètres de commande de chacune des bandes vectorielles indiquées dans le message O-SIGNATURE. Ces paramètres sont définis dans le Tableau 7-1 et leurs valeurs reconnues sont définies dans le Tableau 7-2. Les éléments de ce champ peuvent comporter des valeurs facultatives communiquées par le VTU-R dans le message R-MSG1. Le Tableau 8-4 définit le mappage des paramètres de commande vers le descripteur de configuration du rapport d'erreurs. Le VTU-O doit choisir les paramètres de commande de telle sorte qu'en conjonction avec le taux de répétition choisi pour les messages SOC, la durée escomptée du message ERROR_FEEDBACK ne soit pas supérieure aux limites définies au § 10.4.2.2.

Le champ N° 3, "*SOC Repetition Factor*" (Facteur de répétition du message SOC (1/R)), définit le facteur de répétition du message SOC, qui est de 1/R conformément aux indications de la VCE. Les valeurs de 1/R reconnues sont tous les multiples de 10 dans la fourchette [10, 120], ce qui correspond au fait que le nombre de bits par symbole (*N_bits_per_symbol*) du message SOC est un multiple de 16 dans la fourchette [16, 192]. Ce champ doit être représenté par un entier non signé.

Le champ N° 4, "*FEXT estimation symbols per superframe*" (Symboles d'estimation de la télédiaphonie par supertrame), définit le nombre de symboles (*K*) dans la supertrame pour lesquels un échantillon d'erreurs échantillonné a été transmis. Ces échantillons doivent être communiqués sous un format défini dans le champ N° 2. Le champ doit avoir le format d'un entier non signé dont les valeurs reconnues sont $K = 1, 2, 4, 6$ et 8 . La valeur de *K* ne doit pas être supérieure à la capacité du VTU-R (*Kmax*) indiquée dans le message R-MSG1. Le § 10.4.2.2 indique les positions de symboles pour lesquelles des échantillons d'erreurs échantillonnés ont été transmis pour différentes valeurs de *K*.

Le message O-TA_UPDATE peut indiquer une correction de la valeur de l'avance de rythme (TA). Si la valeur de TA figurant dans le message O-TA_UPDATE est différente de la valeur de TA précédemment employée par le VTU-R, il faut mettre à jour cette valeur à partir du premier symbole suivant le message R-P-SYNCHRO 5.

NOTE – Cette exigence est différente de la manière dont la valeur de TA est mise à jour dans [UIT-T G.993.2].

10.4.2.2 R-ERROR-FEEDBACK

Au cours de l'émission du signal R-P-VECTOR 2, le VTU-R doit transmettre au VTU-O les échantillons d'erreurs écrêtés obtenus dans le message SOC en se servant des messages R-ERROR-FEEDBACK (voir Figure 10-8). Le code du message SOC à employer à cette fin doit être $8B_{16}$. Le VTU-O ne doit pas accuser réception des messages R-ERROR-FEEDBACK et le VTU-R ne doit retransmettre aucun de ces messages.

Il faut alterner l'envoi de messages R-ERROR-FEEDBACK et de messages R-IDLE. La Figure 10-9 montre la chronologie de messages R-IDLE et R-ERROR-FEEDBACK pour les symboles ultérieurs pour lesquels les échantillons d'erreurs écrêtés ont été transmis. La séquence doit commencer à R-IDLE. Les messages R-IDLE et R-ERROR-FEEDBACK doivent tous deux utiliser le canal SOC étendu avec les paramètres décrits au § 10.4.4.4. Le reste des paramètres du message R-IDLE doivent être identiques à ceux du message R-IDLE défini au § 12.2.4 de [UIT-T G.993.2]: ils doivent se composer du fanion HDLC $7E_{16}$ envoyé à plusieurs reprises.

La première transmission du message R-IDLE (à la fin du signal R-P-VECTOR 1-2) permet au récepteur du VTU-O de s'adapter au canal SOC étendu; il doit avoir une longueur d'au moins 16 symboles. La durée des autres transmissions du message R-IDLE (appelée t_{IDLE} dans la Figure 10-9) doit être fixée par le VTU-R afin que celui-ci puisse achever le message R-ERROR-FEEDBACK dans un délai inférieur à l'intervalle de temps séparant deux symboles adjacents pour lesquels des échantillons d'erreurs écrêtés doivent être transmis. Chaque durée t_{IDLE} doit être d'au moins deux symboles. La transmission du message R-ERROR-FEEDBACK doit commencer à l'instant t_{START} se trouvant à l'intérieur de la fenêtre de transmission (voir Figure 10-9). La fenêtre de transmission commence trois périodes de symboles (soit $3 / f_{DMT}$) après le début du symbole pour lequel des échantillons d'erreurs écrêtés sont transmis. Elle se termine W_{max} périodes de symboles (soit W_{max} / f_{DMT}) après le début du symbole pour lequel des échantillons d'erreurs écrêtés sont transmis. La valeur maximale de t_{IDLE} dépend de la longueur du message R-ERROR-FEEDBACK. La somme de la valeur de t_{IDLE} et de la durée de transmission du message R-ERROR-FEEDBACK ne doit pas être supérieure à la limite de temps empêchant le VTU-R de commencer à transmettre le message R-ERROR-FEEDBACK suivant à l'intérieur de la fenêtre de transmission suivante.

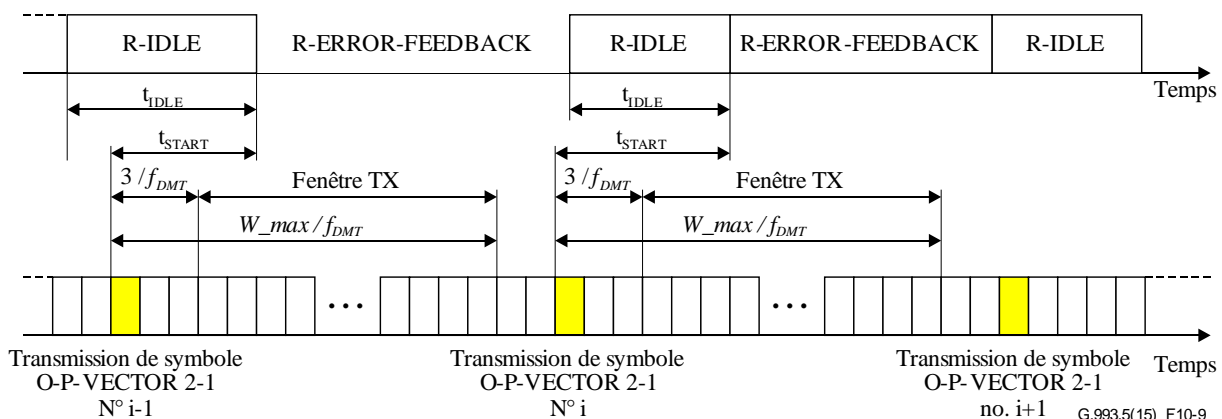


Figure 10-9 – Chronologie des messages R-ERROR-FEEDBACK

Au cours de la transmission du message O-TA_UPDATE, la VCE indique combien de symboles d'estimation de la télédiaphonie par supertrame (c'est-à-dire la valeur de K déterminée par O-TA_UPDATE) les échantillons d'erreurs écrêtés doivent communiquer. Pour toute valeur donnée de K (attribuée par O-TA_UPDATE), le VTU-R doit transmettre des échantillons d'erreurs écrêtés pour tous les symboles du signal O-P-VECTOR 2-1 de chaque supertrame en aval lorsque le compteur

de symboles $i(k) = (k+1) \times \lfloor 256/K \rfloor$, où $k = 0, 1, 2, \dots, K - 1$. La valeur de W_{max} pour toute valeur donnée de K se calcule de la manière suivante: $W_{max} = \lfloor 257/K \rfloor - 2$.

NOTE 1 – Si $K = 1$, le VTU-R ne transmet des échantillons d'erreurs échantillonnés que pour des symboles de synchronisation en aval du signal O-P-VECTOR 2-1.

Le nombre d'octets employés pour transmettre les échantillons d'erreurs échantillonnés dans un seul message R-ERROR-FEEDBACK dépend des paramètres de commande du canal de retour définis dans le message O-TA_UPDATE. Le nombre total d'octets à transmettre est égal au nombre d'octets dans le bloc de rapport d'erreurs (ERB) plus 3 (voir Tableau 10-14).

Si la taille du message R-ERROR_FEEDBACK est supérieure à la taille de segment maximale autorisée, le message doit être segmenté de la manière décrite au § 12.2.6 de [UIT-T G.993.2] pour le mode AR, le nombre de segments ne devant pas être supérieur à 15. Tous les segments sauf le dernier doivent être paramétrés de manière à avoir la taille de segment maximale autorisée.

NOTE 2 – En réduisant au minimum l'espace entre les segments, on réduit la taille du surdébit des messages de transmission d'erreurs, ce qui permet d'économiser de la bande passante sur le canal de retour.

Le nombre de symboles requis pour communiquer ce nombre d'octets peut être calculé de la manière suivante:

$$N_{symbol} = \left\lceil \frac{8 \times (N_{ERB} + 3 + N_{OH})}{N_{bits_per_symbol}} \right\rceil = \left\lceil 5 \times \frac{N_{ERB} + 3 + N_{OH}}{1/R} \right\rceil$$

où N_{OH} est le surdébit d'encapsulation du message SOC, égal à 6 octets plus le surdébit statistique découlant du bourrage d'octets, conformément à [UIT-T G.997.1]. Si le message R-ERROR-FEEDBACK est segmenté, le préfixe N_{OH} (de chaque segment) doit être multiplié par le nombre de segments.

NOTE 3 – Dans le pire des cas (0,1%), le surdébit statistique, qui est dû au bourrage d'octets, ne devrait pas être supérieur à 3% pour un message de contenu aléatoire dont la longueur est supérieure à 512 octets, et devrait diminuer pour des messages plus longs.

NOTE 4 – Si l'on n'a pas recours au bourrage, N_{ERB} dépend de la valeur réelle des échantillons d'erreurs. Dans ce cas, le nombre d'octets par symbole devrait être calculé en prenant pour hypothèse le pire des cas concernant la résolution nécessaire pour les échantillons d'erreurs.

La VCE doit configurer le débit des données du message SOC de telle sorte que la valeur de N_{symbol} (y compris le surdébit statistique dû au bourrage d'octets) ne soit pas supérieure à $(\lfloor 257/K \rfloor - 2)$ symboles (K étant le nombre de symboles par supertrame pour lesquels des échantillons d'erreurs échantillonnés ont été transmis selon le message O-TA_UPDATE). Le VTU-R doit mettre fin à la transmission du message R-ERROR-FEEDBACK si sa durée (en raison d'un surdébit SOC plus élevé que prévu) va empêcher le VTU-R de commencer à transmettre le message R-ERROR-FEEDBACK suivant dans la fenêtre de transmission suivante.

Le message R-ERROR_FEEDBACK doit avoir la structure illustrée dans le Tableau 10-14.

Tableau 10-14 – Description du message R-ERROR_FEEDBACK

	Nom du champ	Format
1	<i>Message descriptor</i> (Descripteur du message)	Code du message
2	<i>Sync symbol count</i> (Décompte des symboles de synchronisation)	2 octets
3	<i>Error report block</i> (bloc de rapport d'erreurs)	N_{ERB} octets

Le champ N° 1, "*Message descriptor*" (Descripteur du message), est un code unique d'un octet qui identifie le message. Il doit comporter le code $8B_{16}$.

Le champ N° 2, "*Sync symbol count*" (Décompte des symboles de synchronisation), indique le nombre modulo 1024 des derniers symboles de synchronisation en aval reçus et le numéro de séquence $k = 0, \dots, K - 1$ du rapport de la supertrame. Le VTU-R doit décompter les symboles de synchronisation en commençant par le premier symbole de synchronisation en aval après la réception du signal O-P-SYNCHRO V3 (ce symbole de synchronisation étant de décompte 0) jusqu'à l'émission du signal O-P-VECTOR 2-1.

Les quatre MSB du champ de 2 octets doivent représenter le numéro de séquence k du rapport sous forme d'entier non signé dans la fourchette comprise entre 0 et $K - 1$. Les dix LSB doivent représenter le décompte des symboles de synchronisation sous forme d'entier non signé dans la fourchette comprise entre 0 et 1023. Les bits 10 et 11 sont réservés par l'UIT-T et doivent être fixés à 0.

NOTE 5 – Si le bloc de rapport d'erreurs est transmis pour un symbole de synchronisation, dans le champ "sync symbol count" les quatre MSB doivent prendre la valeur $K - 1$ et les dix LSB doivent prendre le décompte du symbole de synchronisation pour lequel le bloc a été transmis.

Le champ N° 3, "*Error report block*" (bloc de rapport d'erreurs), contient les parties réelle et imaginaire des échantillons d'erreurs échantillonnés qui sont associés aux sous-porteuses dans la ou les bandes vectorielles indiquées. Si une seule bande est transmise dans le message R-ERROR-FEEDBACK, la valeur N_{ERB} doit être calculée (voir § 7.2.3.3) comme si $L_w = 0$ pour les autres bandes. Le format est défini au § 7.2.3.

10.4.3 Vectorisation de signaux spécifiques du VTU-O émis pendant la phase d'entraînement

10.4.3.1 O-P-VECTOR 1-1

Le signal O-P-SYNCHRO 3 doit être suivi du signal O-P-VECTOR 1-1.

Le signal O-P-VECTOR 1-1 doit être identique au signal O-P-VECTOR 1, sauf que la PSD doit être égale à MREFPSDs.

La durée de O-P-VECTOR 1-1 dépend du fournisseur, mais elle doit être au minimum de 4×257 symboles et au maximum de 1024×257 symboles.

Au cours de l'émission du signal O-P-VECTOR 1-1, le canal SOC est en état inactif.

Le signal O-P-VECTOR 1-1 permet de réestimer le canal de télédiaphonie vers l'aval de la ligne en cours d'initialisation jusqu'aux lignes vectorielles. Cette réestimation a pour but de détecter les changements intervenus dans les canaux de télédiaphonie en raison d'éventuelles modifications des configurations de l'équipement frontal analogique (AFE) du VTU-O pendant la phase de découverte de canal.

Le signal O-P-VECTOR 1-1 doit être suivi du signal O-P-TRAINING V1, qui détermine la durée réelle du signal O-P-VECTOR 1-1.

10.4.3.2 O-P-TRAINING V1

Le signal O-P-TRAINING V1 doit être identique au signal O-P-TRAINING 1 défini au § 12.3.4.3.1.1 de [UIT-T G.993.2], auquel s'ajoutent des marqueurs indiquant les positions des symboles de synchronisation vers l'aval et la position de la séquence pilote vers l'amont. Les marqueurs doivent être ajoutés conformément aux dispositions du § 10.3.3.5. Le schéma des marqueurs doit être conservé en tenant compte de toutes les positions des symboles de synchronisation en aval depuis le début du signal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1.

Au cours de l'émission du signal O-P-TRAINING V1, le canal SOC est en état inactif.

Le signal O-P-TRAINING V1 doit être suivi du signal O-P-SYNCHRO-V2, qui détermine la durée réelle du signal O-P-TRAINING V1.

10.4.3.3 O-P-SYNCHRO V2

Le signal O-P-SYNCHRO V2 doit être identique au signal O-P-SYNCHRO 4 décrit au § 12.3.4.3.1 de [UIT-T G.993.2].

Au cours de l'émission du signal O-P-SYNCHRO V2, le canal SOC est en état inactif.

Une fois que le VTU-O a transmis le signal O-P-SYNCHRO V2, la VCE informe le VTU-R du fait que la réestimation des canaux de télédiaphonie en amont des lignes en cours d'initialisation vers d'autres lignes vectorielles est achevée et que le VTU-R doit cesser de transmettre le signal R-P-VECTOR 1.

Le VTU-O ne doit pas transmettre le signal O-P-SYNCHRO V2 avant que la VCE n'ait détecté que le signal R-P-VECTOR 1-1 a été transmis pendant au moins 4×257 symboles.

Le signal O-P-SYNCHRO V2 doit être suivi du signal O-P-TRAINING 1.

10.4.3.4 O-P-TRAINING 1 et O-P-TRAINING 2

Ces signaux doivent être identiques aux signaux O-P-TRAINING 1 et O-P-TRAINING 2 respectivement définis au § 12.3.4.3.1 de [UIT-T G.993.2], auxquels s'ajoutent des marqueurs indiquant les positions des symboles de synchronisation vers l'aval et les positions de la séquence pilote vers l'amont (conformément au § 10.3.3.5). Le schéma des marqueurs doit être conservé en tenant compte de toutes les positions de symboles de synchronisation en aval depuis le début du signal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1.

NOTE – Il est conseillé de ne pas transmettre les signaux O-P-SYNCHRO 4 et O-P-SYNCHRO 5 vers des positions de symboles de synchronisation en aval.

10.4.3.5 O-P-VECTOR 2

Le signal O-P-VECTOR 2 doit suivre le signal O-P-SYNCHRO 5.

Aux positions des symboles de synchronisation, le signal O-P-VECTOR 2 doit contenir des symboles de synchronisation modulés de la même manière que pour le signal O-P-VECTOR 1. Aux autres positions de symboles, le canal SOC doit être modulé en utilisant un octet par mappage de symbole, de la manière définie pour le signal O-P-VECTOR 2 dans la Recommandation [UIT-T G.993.2].

Au cours de la transmission des symboles de synchronisation, le canal SOC est en état inactif. Au cours de la transmission des autres symboles, le canal SOC est en état actif et le VTU-O doit transmettre le signal O-IDLE.

La durée minimale du signal O-P-VECTOR 2 est de 128 symboles.

Le signal O-P-VECTOR 2 doit être suivi du signal O-P-SYNCHRO V3, qui détermine la durée réelle du signal O-P-VECTOR 2.

Le VTU-O doit transmettre le signal O-P-SYNCHRO V3 au moins 70 symboles avant la transmission du symbole de synchronisation (pour éviter toute ambiguïté dans le décompte des symboles de synchronisation au niveau du VTU-R).

10.4.3.6 O-P-SYNCHRO V3

Le signal O-P-SYNCHRO V3 doit être identique au signal O-P-SYNCHRO 5 tel que défini au § 12.3.4.3.1.9 de [UIT-T G.993.2].

Au cours de l'émission du signal O-P-SYNCHRO V3, le canal SOC est en état inactif.

Une fois que le VTU-O a transmis le signal O-P-SYNCHRO V3, la VCE informe le VTU-R du fait que la réestimation des canaux de télédiaphonie en amont des lignes en cours d'initialisation vers d'autres lignes vectorielles est achevée et que le VTU-R doit cesser de transmettre le signal R-P-VECTOR 1-2. Le VTU-O ne doit pas transmettre le signal O-P-SYNCHRO V3 avant que la VCE n'ait détecté que le signal R-P-VECTOR 1-2 a été transmis pendant au moins 4×257 symboles.

Le signal O-P-SYNCHRO V3 doit être suivi du signal O-P-VECTOR 2-1.

10.4.3.7 O-P-VECTOR 2-1

Le signal O-P-VECTOR 2-1 doit être identique au signal O-P-VECTOR 2.

Au cours de la transmission des symboles de synchronisation, le canal SOC est en état inactif. Au cours de la transmission des autres symboles, le canal SOC est en état actif et le VTU-O doit transmettre le signal O-IDLE.

L'émission du signal O-P-VECTOR 2-1 permet à la VCE d'estimer les canaux de télédiaphonie en aval des lignes vectorielles vers les lignes en cours d'initialisation, et de mettre à jour les estimations des canaux de télédiaphonie en aval des lignes en cours d'initialisation vers les lignes vectorielles.

La durée du signal O-P-VECTOR 2-1 dépend du fournisseur, mais elle doit être au minimum de 257 symboles et au maximum de 1024×257 symboles.

Le signal O-P-VECTOR 2-1 doit être suivi du signal O-P-SYNCHRO V4, qui détermine la durée réelle du signal O-P-VECTOR 2-1.

10.4.3.8 O-P-SYNCHRO V4

Le signal O-P-SYNCHRO V4 doit être identique au signal O-P-SYNCHRO V3 tel que défini au § 10.4.3.6.

Au cours de l'émission du signal O-P-SYNCHRO V4, le canal SOC est en état inactif.

Une fois que le VTU-O a transmis le signal O-P-SYNCHRO V4, la VCE informe le VTU-R du fait que l'estimation des canaux de télédiaphonie en aval des autres lignes vectorielles vers les lignes en cours d'initialisation est achevée et que le VTU-R doit cesser de transmettre le signal R-P-VECTOR 2.

À ce stade, la phase d'entraînement est achevée et le VTU-O doit passer à la phase d'analyse de canal et d'échange (voir Figure 10-8).

10.4.3.9 Initialisation de plusieurs lignes

Lorsque la VCE initialise plusieurs lignes:

- Les canaux de diaphonie vers l'aval allant des lignes en cours d'initialisation vers les lignes actives du groupe vectoriel devraient être estimés simultanément en s'assurant que les signaux O-P-VECTOR 1-1 sont envoyés à toutes les lignes en cours d'initialisation pendant l'estimation. À cette fin, il faut contrôler la fin et le début du signal O-P-VECTOR 1-1 dans chaque ligne.
- Les canaux de diaphonie vers l'amont allant des lignes en cours d'initialisation vers les lignes actives du groupe vectoriel devraient être estimés simultanément en s'assurant que les signaux R-P-VECTOR 1-1 sont envoyés à toutes les lignes en cours d'initialisation pendant l'estimation. À cette fin, il faut contrôler la fin du signal R-P-VECTOR 1-1 ainsi que le début du signal O-P-SYNCHRO V2 dans chaque ligne.
- Les canaux de diaphonie vers l'amont allant des lignes en cours d'initialisation vers les lignes actives du groupe vectoriel devraient être estimés simultanément en s'assurant que les signaux R-P-VECTOR 1-2 sont envoyés à toutes les lignes en cours d'initialisation pendant l'estimation. À cette fin, il faut contrôler la fin du signal R-P-VECTOR 1-2 ainsi que le début du signal O-P-SYNCHRO V3 dans chaque ligne.
- Les canaux de diaphonie vers l'aval allant des lignes actives vers les lignes en cours d'initialisation du groupe vectoriel devraient être estimés simultanément en s'assurant que les signaux R-P-VECTOR 2-1 sont envoyés à toutes les lignes en cours d'initialisation pendant l'estimation. À cette fin, il faut contrôler la fin du signal R-P-VECTOR 2-1 ainsi que le signal O-P-SYNCHRO V4 dans chaque ligne.

10.4.4 Vectorisation de signaux spécifiques du VTU-R transmis pendant la phase d'entraînement

10.4.4.1 R-P-QUIET V1

Le signal R-P-SYNCHRO 3 doit être suivi du signal R-P-QUIET V1.

Le signal R-P-QUIET V1 doit être identique au signal R-P-QUIET 2.

Au cours de l'émission du signal R-P-QUIET V1, le canal SOC est en état inactif.

La durée du signal R-P-QUIET V1 est déterminée par le VTU-O. Le VTU-R doit cesser de transmettre le signal R-P-QUIET V1 lorsqu'il détecte le signal O-P-TRAINING V1; il doit alors commencer à transmettre le signal R-P-VECTOR 1-1.

10.4.4.2 R-P-VECTOR 1-1

Le signal R-P-VECTOR 1-1 doit être identique au signal R-P-VECTOR 1, sauf que la PSD doit être égale à MREFPSD_{us}.

Au cours de l'émission du signal R-P-VECTOR 1-1, le canal SOC est en état inactif.

Le VTU-R devrait utiliser la valeur de l'avance de rythme calculée au cours de la phase de découverte de canal pour s'assurer que les symboles de synchronisation de la ligne en cours d'initialisation sont coordonnés avec les symboles de synchronisation des lignes vectorielles au niveau du VTU-O.

Le signal R-P-VECTOR 1-1 permet de réestimer le canal de télédiaphonie vers l'amont de la ligne en cours d'initialisation vers les lignes vectorielles. Cette réestimation a pour but de détecter les changements intervenus dans les canaux de télédiaphonie en raison d'éventuelles modifications des configurations de l'équipement frontal analogique (AFE) du VTU-O pendant la phase de découverte de canal.

La durée du signal R-P-VECTOR 1-1 est déterminée par le VTU-O. Dans un délai de 64 symboles après le dernier symbole du signal O-P-SYNCHRO V2, le VTU-R doit cesser de transmettre le signal R-P-VECTOR 1-1. La durée du signal R-P-VECTOR 1-1 ne doit pas être supérieure à 1024×257 symboles.

Le signal R-P-VECTOR 1-1 doit être suivi du signal R-P-TRAINING 1.

10.4.4.3 R-P-VECTOR 1-2

Le signal R-P-VECTOR 1-2 doit suivre le signal R-P-SYNCHRO 5. Le signal R-P-VECTOR 1-2 doit être identique au signal R-P-VECTOR 1-1.

Au cours de l'émission du signal R-P-VECTOR 1-2, le canal SOC est en état inactif.

Le signal R-P-VECTOR 1-2 permet de réestimer le canal de télédiaphonie vers l'amont de la ligne en cours d'initialisation vers les lignes vectorielles. Cette réestimation a pour but de détecter les changements intervenus dans les canaux de télédiaphonie en raison d'éventuelles modifications de l'avance de rythme pendant la phase d'entraînement.

La durée du signal R-P-VECTOR 1-2 est déterminée par le VTU-O. Dans un délai de 64 symboles après le dernier symbole du signal O-P-SYNCHRO V3, le VTU-R doit cesser de transmettre le signal R-P-VECTOR 1-2. La durée du signal R-P-VECTOR 1-2 ne doit pas être supérieure à 1024×257 symboles.

Le signal R-P-VECTOR 1-2 doit être suivi du signal R-P-SYNCHRO V1.

10.4.4.4 R-P-SYNCHRO V1

Le signal R-P-SYNCHRO V1 doit être identique au signal R-P-SYNCHRO 5 tel que défini au § 12.3.4.3.2.9 de [UIT-T G.993.2].

Au cours de l'émission du signal R-P-SYNCHRO V1, le canal SOC est en état inactif.

Le signal R-P-SYNCHRO V1 doit être suivi du signal R-P-VECTOR 2.

10.4.4.5 R-P-VECTOR 2

Aux positions des symboles de synchronisation, le signal R-P-VECTOR 2 doit contenir des symboles de synchronisation modulés de la même manière que pour le signal R-P-VECTOR 1. Aux autres positions de symboles, les symboles doivent être modulés de la même manière que pour le signal R-P-TRAINING 2 après avoir établi le canal SOC étendu.

L'émission du signal R-P-VECTOR 2 permet à la VCE d'estimer les canaux de télédiaphonie vers l'amont des lignes vectorielles vers la ligne en cours d'initialisation, et de mettre à jour les estimations des canaux de télédiaphonie vers l'amont des lignes en cours d'initialisation vers les lignes vectorielles.

Au cours de la transmission des symboles de synchronisation, le canal SOC est en état inactif. Au cours de la transmission des autres symboles, le canal SOC est en état actif et le VTU-R doit transmettre le message R-IDLE ou R-ERROR-FEEDBACK.

La durée du signal R-P-VECTOR 2 est déterminée par le VTU-O. Dans un délai de 64 symboles après le dernier symbole du signal O-P-SYNCHRO V4, le VTU-R doit cesser de transmettre le signal R-P-VECTOR 2.

Le signal R-P-VECTOR 2 doit être suivi du signal R-P-SYNCHRO V2.

Pour établir le canal SOC étendu, les symboles du signal R-P-VECTOR 2 ayant un canal SOC actif doivent être modulés avec le mappage de bits défini dans le Tableau 10-15, le nombre de bits par symbole étant calculé de la manière suivante:

$$N_{bitspersymbol} = \frac{16}{10 \cdot R}$$

où $1/R$ est un multiple entier de 10 dans la fourchette [10, 120], selon les indications du message O-TA_UPDATE.

Tableau 10-15 – Mappage de bits pour le signal R-P-VECTOR 2

Indice de sous-porteuse	Point de constellation
5, 10, 15, ..., 5n, ...	00
1, $1/R + 1$, $2/R + 1$, ..., $n/R + 1$, ...	Bits 0 et 1 du message SOC
2, $1/R + 2$, $2/R + 2$, ..., $n/R + 2$, ...	Bits 2 et 3 du message SOC
...	...
$10k+m$, $1/R+10k+m$, $2/R+10k+m$, ..., $n/R+10k+m$, ... où $k = 0, 1, 2, \dots, \frac{1}{10 \cdot R} - 1$ et $m = 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9$	Bits $16k + f(m)$ et $16k + f(m)+1$ du message SOC, où $f(m) = \begin{cases} 2m-2 & \text{si } m = 1, 2, 3, 4 \\ 2m-4 & \text{si } m = 6, 7, 8, 9 \end{cases}$
...	...
$1/R - 1$, $2/R - 1$, $3/R - 1$, ..., $n + 1/R - 1$, ...	Bits $\frac{16}{10 \cdot R} - 2$ et $\frac{16}{10 \cdot R} - 1$ du message SOC

NOTE – Selon les dispositions de [UIT-T G.993.2], le mappage des bits du message SOC prévoit 16 bits par symbole. Pour accélérer la transmission des échantillons d'erreurs écrêtés, la VCE peut accroître le mappage des bits du message SOC par pas de 16 bits par symbole, depuis 16 bits jusqu'à 192 bits par symbole, en réduisant le nombre de répétitions de ces bits au sein de chaque symbole. Pour un fonctionnement à 4000 symboles/s, le débit des données du message SOC augmente ainsi par pas de 64 kbit/s, depuis 64 kbit/s (conformément à [UIT-T G.993.2]) jusqu'à 768 kbit/s. Pour un fonctionnement à 8000 symboles/s, le débit des données du message SOC augmente par pas de 128 kbit/s, depuis 128 kbit/s (conformément à [UIT-T G.993.2]) jusqu'à 1536 kbit/s.

10.4.4.6 R-P-SYNCHRO V2

Le signal R-P-SYNCHRO V2 doit être identique au signal R-P-SYNCHRO V1.

Au cours de l'émission du signal R-P-SYNCHRO V2, le canal SOC est en état inactif.

À ce stade, la phase d'entraînement est achevée et le VTU-R doit passer à la phase d'analyse de canal et d'échange (voir Figure 10-8).

10.5 Phase d'analyse de canal et d'échange

10.5.1 Aperçu général

La phase d'analyse de canal et d'échange ne nécessite aucun changement par rapport aux dispositions de [UIT-T G.993.2], hormis la définition d'un champ de paramètres UIT-T G.993.5 pour le message O-PMS.

10.5.2 Messages SOC modifiés envoyés pendant la phase de découverte de canal et d'échange

10.5.2.1 O-PMS

Le message O-PMS (défini dans le Tableau 12-46 de [UIT-T G.993.2]), qui est transmis avec le message O-P-MEDLEY, contient un champ de paramètres conforme aux dispositions de [UIT-T G.993.5]. Ce champ contient plusieurs paramètres nécessaires à l'opération d'annulation de la télédiaphonie, comme l'illustre le Tableau 10-16.

Tableau 10-16 – Champ de paramètres UIT-T G.993.5 du message O-PMS

Champ	Nom du champ	Format
1	<i>ITU-T G.993.5 parameter field length</i> (Longueur du champ de paramètres UIT-T G.993.5)	1 octet
2	<i>Showtime backchannel encapsulation</i> (Encapsulage du canal de retour pendant la phase active)	1 octet
3	<i>Layer 2 VCE MAC address</i> (Adresse MAC de la VCE sur la couche 2)	6 octets
4	<i>Layer 2 Line_ID</i> (Paramètre Line_ID de la couche 2)	2 octets

Le champ N° 1, "*ITU-T G.993.5 parameter field length*" (Longueur du champ de paramètres UIT-T G.993.5), indique la longueur de ce champ en octets, à l'exclusion du champ de longueur. Tous les champs indiqués dans le Tableau 10-16 doivent être intégrés dans le message O-PMS. Ce champ doit être représenté par un entier non signé.

Le champ N° 2, "*Showtime backchannel encapsulation*" (Encapsulage du canal de retour pendant la phase active), indique si le canal de retour employé pendant la phase active est encapsulé dans des messages eoc ou des paquets Ethernet de couche 2. La valeur du champ doit être fixée à 00₁₆ pour l'encapsulage eoc et à 01₁₆ pour l'encapsulage Ethernet de couche 2. Les autres valeurs sont réservées par l'UIT-T.

Le champ N° 3, "*Layer 2 VCE MAC Address*" (Adresse MAC de la VCE sur la couche 2), définit l'adresse MAC de la VCE que la terminaison de réseau doit utiliser comme adresse de destination MAC si l'encapsulage a été effectué sur un réseau Ethernet de couche 2. La valeur du champ doit être fixée à 00₁₆ pour tous les octets en cas d'encapsulage eoc.

Le champ N° 4, "*Layer 2 Line_ID*" (Paramètre *Line_ID* de la couche 2), définit le paramètre *Line_ID* que la terminaison de réseau doit utiliser si l'encapsulage a été effectué sur un réseau Ethernet de couche 2. Ce paramètre doit être intégré dans les deux premiers octets de la charge utile des paquets Ethernet (voir Figure 7-9). La valeur du champ doit être fixée à 0000₁₆ en cas d'encapsulage eoc.

10.6 Passage de l'initialisation à la phase active

Le dernier symbole du signal O-P-SYNCHRO 6 doit être transmis à une position de symbole de synchronisation en aval, de telle sorte que le premier symbole de la phase active soit un symbole de données transmis au symbole en aval de décompte 0.

Le premier symbole DMT suivant le signal O-P-SYNCHRO 6 dans la phase d'analyse de canal et d'échange doit être le premier symbole de phase active en aval. Les réglages des paramètres de PMD, PMS-TC et TPS-TC négociés pendant la phase d'analyse de canal et d'échange doivent être établis à partir du premier symbole de la phase active.

Le dernier symbole du signal R-P-SYNCHRO 6 doit être transmis à une position de symbole de synchronisation en amont, de telle sorte que le premier symbole de la phase active soit un symbole de données transmis au symbole en amont de décompte 0.

Le premier symbole DMT suivant le signal O-P-SYNCHRO 6 doit être le premier symbole de phase active en amont. Les réglages des paramètres de PMD, PMS-TC et TPS-TC négociés pendant la phase d'analyse de canal et d'échange doivent être établis à partir du premier symbole de la phase active.

Le dernier symbole du signal R-P-SYNCHRO 6 doit être transmis au moins 15 symboles et au plus 15 + 64 + 257 symboles après la transmission du dernier symbole du signal O-P-SYNCHRO 6.

Les positions des symboles de synchronisation en aval et la séquence pilote en aval doivent se poursuivre depuis la phase d'initialisation jusqu'à la phase active. Chaque symbole de synchronisation en aval de la phase active doit être modulé par la séquence pilote en aval (voir § 6.2.3).

Les positions des symboles de synchronisation en amont et la séquence pilote en amont doivent se poursuivre depuis la phase d'initialisation jusqu'à la phase active. Chaque symbole de synchronisation en amont de la phase active doit être modulé par la séquence pilote en amont (voir § 7.3.3).

10.7 Procédures du mode diagnostic de boucle

10.7.1 Aperçu général

La procédure du mode diagnostic de boucle décrite dans le présent paragraphe repose sur l'initialisation telle qu'elle est décrite aux § 10.1 à 10.6, à laquelle s'ajoutent des étapes propres au mode diagnostic de boucle, mais sans transmission de messages R-ERROR-FEEDBACK.

Si la séquence de codage du mode diagnostic de boucle est activée dans le message MS (voir § 12.3.2.1.2 et 12.3.2.2.2 de [UIT-T G.993.2]), il faut passer en mode diagnostic de boucle après l'achèvement de la phase de prise de contact UIT-T G.994.1. Le passage au mode diagnostic de boucle doit s'effectuer à la demande de l'un ou l'autre VTU. Les deux VTU doivent prendre en charge le mode diagnostic de boucle.

La séquence des étapes dans le mode diagnostic de boucle doit être identique à celle de l'initialisation (définie aux § 10.1 à 10.6) jusqu'à la phase d'analyse de canal et d'échange, où sont échangés les paramètres d'essai dont la liste figure dans le Tableau 12-64 de [UIT-T G.993.2] et qui sont définis au § 11.4.1 de cette Recommandation. Cependant, les paramètres d'essai pour le bruit sur ligne au repos (QLN) et la fonction des caractéristiques de canal (Hlog) doivent être mesurés et échangés pendant la phase de découverte de canal, conformément au § 12.4.3 de [UIT-T G.993.2].

Les temporisations spécifiées au § 12.3.1 de [UIT-T G.993.2] ne s'appliquent pas au mode diagnostic de boucle. Les valeurs de temporisation seront étudiées ultérieurement.

10.7.1.1 Mappage de message SOC en mode diagnostic de boucle

Voir § 12.4.1.1 de [UIT-T G.993.2].

10.7.2 Phases de découverte de canal et d'entraînement du mode diagnostic de boucle

10.7.2.1 Messages SOC échangés pendant les phases de découverte de canal et d'entraînement du mode diagnostic de boucle

Les messages SOC destinés à la phase de découverte de canal et à la phase d'entraînement du mode diagnostic de boucle doivent être identiques à ceux de la procédure d'initialisation décrite respectivement aux § 10.3 et 10.4, sauf pour les messages O-PRM, R-PRM, R-MSG1 et O-TA_UPDATE.

10.7.2.1.1 O-PRM & R-PRM

Les paramètres d'essai pour le bruit sur ligne au repos (QLN) et la fonction de caractéristiques de canal (Hlog) doivent être mesurés et échangés pendant la phase de découverte de canal dans les messages O-PRM-LD et R-PRM-LD (décrits au § 12.4.2.1 de [UIT-T G.993.2]), qui remplacent O-PRM et R-PRM.

NOTE – Les champs N° 13 et 14 des messages O-PRM et R-PRM contiennent le champ de paramètres UIT-T G.998.4 et le champ de paramètres UIT-T G.993.5, tandis que les champs N° 13 et 14 des messages O-PRM-LD et R-PRM-LD contiennent les paramètres QLN et Hlog.

10.7.2.1.2 R-MSG1 (complète le § 10.3.2.2)

Le champ N° 2, "*maximum number of FEXT estimation symbols per superframe*" (Nombre maximum de symboles d'estimation de la télédiaphonie par supertrame), définit le nombre maximum (K_{max}) de symboles de la supertrame pour lesquels le VTU-R prend en charge la transmission d'échantillons d'erreurs. Le champ doit avoir le format d'un entier non signé avec $K_{max} = 0$.

Le champ N° 3, "*support of optional backchannel control parameters*" (Prise en charge des paramètres facultatifs de commande du canal de retour), indique les valeurs des paramètres facultatifs de commande du canal de retour prises en charge par le VTU-R. Le champ doit avoir le format d'un entier non signé de valeur 00_{16} .

NOTE – Le présent texte est identique à celui de l'Annexe Y, § Y.10.3.2.2 de [UIT-T G.993.2].

10.7.2.1.3 O-TA_UPDATE (complète le § 10.4.2.1)

Le champ N° 2, "*error report control parameters*" (Paramètres de commande du rapport d'erreurs), définit les paramètres de commande de chacune des bandes vectorielles indiquées dans le message O-SIGNATURE. Le VTU-R doit ignorer ces paramètres de commande.

Le champ N° 3, "*SOC Repetition Factor*" (Facteur de répétition du message SOC), définit le facteur de répétition du message SOC, qui est de $1/R$ conformément aux indications de la VCE. Le VTU-R doit ignorer ce champ.

Le champ N° 4, "*FEXT estimation symbols per superframe*" (Nombre maximum de symboles d'estimation de la télédiaphonie par supertrame), définit le nombre de symboles (K) de la supertrame pour lesquels un échantillon d'erreurs échantillonné doit être transmis. Ce champ doit avoir le format d'un entier non signé avec $K = 0$.

NOTE – Le présent texte est identique à celui de l'Annexe Y, § Y.10.4.2.1 de [UIT-T G.993.2], sauf pour ce qui concerne le champ N° 3.

10.7.2.2 Signaux émis pendant les phases de découverte de canal et d'entraînement

Les signaux émis pendant les phases de découverte de canal et d'entraînement sont identiques à ceux qui sont définis aux § 10.3 et 10.4 relatifs à l'initialisation, avec les exceptions suivantes:

- Le mappage du message SOC doit être défini au § 12.4.1.1 de [UIT-T G.993.2].
- La durée du signal O-P-QUIET 1 doit être d'au moins 8192 symboles et d'au plus 16384 symboles.
- La définition du signal R-P-VECTOR 2.

10.7.2.2.1 R-P-VECTOR 2 (remplace le § 10.4.4.5)

Aux positions des symboles de synchronisation, le signal R-P-VECTOR 2 doit contenir des symboles de synchronisation modulés de la même manière que pour le signal R-P-VECTOR 1. Aux autres positions de symboles, les symboles doivent être modulés de la même manière que pour le signal R-P-TRAINING 2, le mappage de message SOC étant conforme à la définition du § 12.4.1.1 de [UIT-T G.993.2].

L'émission du signal R-P-VECTOR 2 permet à la VCE d'estimer les canaux de télédiaphonie vers l'amont des lignes vectorielles jusqu'à la ligne en cours d'initialisation, et de mettre à jour les estimations des canaux de télédiaphonie vers l'amont des lignes en cours d'initialisation jusqu'aux lignes vectorielles.

Au cours de la transmission des symboles de synchronisation, le canal SOC est en état inactif. Au cours de la transmission des autres symboles, le canal SOC est en état actif et le VTU-R doit transmettre le message R-IDLE.

La durée du signal R-P-VECTOR 2 est déterminée par le VTU-O. Dans un délai de 64 symboles après le dernier symbole du signal O-P-SYNCHRO V4, le VTU-R doit cesser de transmettre le signal R-P-VECTOR 2.

Le signal R-P-VECTOR 2 doit être suivi du signal R-P-SYNCHRO V2.

NOTE 1 – Le signal R-P-VECTOR 2 du mode diagnostic de boucle est identique au signal R-P-VECTOR 2 défini au § 10.4.4.5 en ce qui concerne l'initialisation, sans le canal SOC étendu, le VTU-R transmettant des messages R-IDLE au lieu de messages R-ERROR-FEEDBACK.

NOTE 2 – Le présent texte est identique à celui de l'Annexe Y, § Y.10.4.4.5 de [UIT-T G.993.2], sauf pour ce qui concerne le mappage de message SOC.

10.7.3 Phase d'analyse de canal et d'échange du mode diagnostic de boucle

La phase d'analyse de canal et d'échange du mode diagnostic de boucle selon la Recommandation UIT-T G.993.5 ne nécessite aucun changement par rapport au mode diagnostic de boucle défini dans [UIT-T G.993.2].

11 Configuration et paramètres d'essai

La présente Recommandation contient la définition des paramètres de configuration et d'essai qui doivent être accessibles par le biais de la base d'informations de gestion du central (CO-MIB). Les paramètres de configuration sont définis au § 11.1, et les paramètres d'essai au § 11.2. En vertu de [UIT-T G.997.1], les paramètres de configuration et d'essai sont des objets de gestion accessibles par l'interface Q.

11.1 Paramètres de configuration

11.1.1 Activation/désactivation de l'annulation de télédiaphonie

Ce paramètre de configuration doit être défini pour chaque ligne d'un groupe de lignes vectorielles. Il permet d'activer ou de désactiver l'annulation de télédiaphonie de toutes les autres lignes vectorielles vers une ligne du groupe. Si l'annulation de télédiaphonie est désactivée pour une ligne donnée, la télédiaphonie ne peut être annulée entre une autre ligne du groupe vectorielle et cette ligne.

Ce paramètre de configuration doit être défini de manière indépendante dans les sens amont et aval.

11.1.2 Bandes de fréquences dans lesquelles l'annulation de télédiaphonie n'est pas nécessaire

Ce paramètre de configuration doit comporter un tableau de paires d'indices de sous-porteuse. Chaque paire représente les indices de début et de fin de la sous-porteuse sur une bande de fréquences dans laquelle l'annulation de télédiaphonie n'est pas nécessaire. On peut configurer au maximum huit bandes de fréquences.

La même configuration doit être appliquée à toutes les lignes du groupe vectoriel.

Ce paramètre de configuration doit être défini de manière indépendante dans les sens amont et aval.

11.1.3 NDR et ETR cibles

Les paramètres de configuration du débit de données net (NDR) ciblé et du débit escompté (ETR) ciblé doivent être définis pour chaque ligne d'un groupe de lignes vectorielles. Ces paramètres de configuration aident la VCE à décider de l'attribution des ressources en termes de nœuds d'accès vectoriels entre les différentes lignes d'un groupe vectoriel en vue d'annuler la télédiaphonie. Comme ces ressources sont limitées, les nœuds d'accès vectoriels ne sont pas nécessairement capables d'atténuer les sources de télédiaphonie vers chacune des lignes du groupe vectoriel. La VCE peut donc choisir de limiter le nombre de sources de diaphonie afin d'assurer l'annulation pour chaque ligne vectorielle.

11.1.3.1 NDR cible

Pour chaque ligne, le paramètre de configuration du NDR cible devrait être réglé sur un débit de données net escompté qui soit réaliste pour la ligne lorsque toutes les lignes du groupe vectoriel sont actives et fonctionnent sans retransmission UIT-T G.998.4. On peut aussi lui attribuer une valeur particulière indiquant que l'opérateur n'a configuré aucun NDR cible.

Le NRD cible est configuré par l'opérateur. Le mode de retransmission UIT-T G.998.4 ne doit pas être sélectionné pendant l'initialisation dans le sens considéré. La VCE doit attribuer des ressources suffisantes pour que le NDR soit supérieur ou égal au NDR cible. Si au moment de l'initialisation le NDR est inférieur au NDR cible mais supérieur au NDR minimum (*net_min*, voir Annexe K de [UIT-T G.993.2]), le VTU doit tout de même passer à la phase active.

Ce paramètre de configuration doit être défini de manière indépendante dans les sens amont et aval.

Il correspond au paramètre TARGET_NDR de la CO-MIB défini au § 7.3.2.20.2 de [UIT-T G.997.1].

11.1.3.2 ETR cible

Pour chaque ligne, le paramètre de configuration de l'ETR cible devrait être réglé sur un débit escompté qui soit réaliste pour la ligne lorsque toutes les lignes du groupe vectoriel sont actives et fonctionnent avec la retransmission UIT-T G.998.4. On peut aussi lui attribuer une valeur particulière indiquant que l'opérateur n'a configuré aucun ETR cible.

Si l'ETR cible est configuré par l'opérateur et que le mode de retransmission UIT-T G.998.4 est sélectionné pendant l'initialisation pour le sens considéré, la VCE doit attribuer des ressources suffisantes pour que l'ETR soit supérieur ou égal à l'ETR cible. Si au moment de l'initialisation l'ETR est inférieur à l'ETR cible mais supérieur à l'ETR minimum (*ETR_min*, voir § 7 de [UIT-T G.998.4]), le VTU doit tout de même passer à la phase active.

Ce paramètre de configuration doit être défini de manière indépendante dans les sens amont et aval. Il correspond au paramètre TARGET_ETR de la CO-MIB défini au § 7.3.2.20.1 de [UIT-T G.997.1].

11.1.4 Priorités entre les lignes

Ce paramètre de configuration aide la VCE à décider de l'attribution des ressources en termes de nœuds d'accès vectoriels entre les différentes lignes d'un groupe vectoriel en vue d'annuler la télédiaphonie. Comme ces ressources sont limitées, les nœuds d'accès vectoriels ne sont pas nécessairement capables d'atténuer les sources de télédiaphonie vers chacune des lignes du groupe vectoriel. La VCE peut donc choisir de limiter le nombre de sources de diaphonie afin d'assurer l'annulation pour chaque ligne vectorielle.

Le respect du paramètre de configuration des priorités entre les lignes est facultatif. Si ce paramètre est pris en charge, il doit être défini pour chaque ligne d'un groupe de lignes vectorielles. La VCE doit alors attribuer dans un premier temps des ressources suffisantes de telle sorte que le NDR cible (si la retransmission UIT-T G.998.4 n'est pas choisie dans le sens concerné) ou l'ETR cible (si la retransmission UIT-T G.998.4 est choisie dans le sens concerné) soit respecté pour toutes les lignes d'un groupe vectoriel. Dans un deuxième temps, la VCE devrait exploiter les niveaux de priorité configurés pour attribuer les ressources restantes entre les lignes afin d'accroître les NDR ou les ETR.

Pour chaque ligne du groupe vectoriel, la priorité est configurée soit en LOW (faible), soit en HIGH (élevée), sauf si une valeur particulière a été attribuée pour indiquer que l'opérateur n'a configuré aucune priorité. La VCE devrait attribuer plus de ressources à une ligne ayant la priorité HIGH pour que les NDR ou les ETR deviennent supérieurs aux débits cibles (par exemple en atténuant davantage la télédiaphonie). Cependant, la VCE ne devrait pas attribuer de ressources supplémentaires à une ligne de priorité HIGH si le NDR maximum (*net_max*, voir Annexe K de [UIT-T G.993.2]) est déjà atteint sur cette ligne. Si la condition de NDR maximum est atteinte pour toutes les lignes vectorielles ayant une priorité HIGH, la VCE peut attribuer les ressources restantes à des lignes vectorielles de priorité LOW afin que les NDR ou ETR deviennent supérieurs aux débits cibles.

NOTE – Une VCE ayant des ressources suffisantes ne doit pas nécessairement utiliser la configuration des priorités entre les lignes pour attribuer ses ressources; dans ce cas particulier, elle peut les ignorer.

Ce paramètre de configuration doit être défini de manière indépendante dans les sens amont et aval.

11.1.5 Demande de taille du groupe de sous-porteuses *Xlin* (XLINGREQ)

Ce paramètre représente la valeur demandée de *XLING* (voir § 11.2.1.2 et 11.2.2.2). La valeur transmise de *XLING* doit être la plus petite valeur prise en charge qui est supérieure ou égale à *XLINGREQ*.

Ce paramètre de configuration doit être défini de manière indépendante dans les sens amont et aval.

11.2 Paramètres d'essai

11.2.1 Coefficients de couplage de la télédiaphonie vers l'aval (Xlinpsds)

11.2.1.1 Définition des coefficients de couplage de la télédiaphonie vers l'aval (Xlinpsds)

Le gain d'insertion de la télédiaphonie de la ligne L_2 vers la ligne L_1 dans le sens aval sur la fréquence f , $FEXT_IG_DS_{L_1,L_2}(f)$, est défini comme le rapport entre la tension reçue par la télédiaphonie dans une charge de $100\ \Omega$ sur une ligne L_1 et la tension émise (dans une charge de $100\ \Omega$) sur une

ligne L_2 . Si la tension émise sur une ligne L_2 dans une charge de $100\ \Omega$ est appelée $V_REFERENCE_O(f)$ et la tension reçue par la télédiaphonie sur une ligne L_1 , alors que les deux extrémités se terminent par une charge de $100\ \Omega$ comme indiqué dans la Figure 11-1, est appelée $V_FEXT_R(f)$, alors le gain d'insertion de la télédiaphonie de la ligne L_2 vers la ligne L_1 dans le sens aval, sur une échelle linéaire, est donné par l'équation suivante:

$$FEXT_IG_DS_{L1,L2}(f) = \frac{V_FEXT_R(f)}{V_REFERENCE_O(f)}$$

Le coefficient de couplage de la télédiaphonie de la ligne L_2 vers la ligne L_1 vers l'aval sur la fréquence f est défini comme le rapport entre le gain d'insertion de la télédiaphonie de la ligne L_2 vers la ligne L_1 et le gain d'insertion du canal direct de la ligne L_1 (ou de la fonction caractéristique de canal, H , de la ligne L_1), qui se calcule de la manière suivante:

$$Xlinds_{L1,L2}(f) = \frac{FEXT_IG_DS_{L1,L2}(f)}{H_{L1}(f)}$$

Le coefficient de couplage de la télédiaphonie vers l'aval peut aussi être représenté par une référence au canal direct $V_DIRECT_R(f)$ reçu sur la ligne L_1 , et à la tension reçue sur le canal de télédiaphonie sur la ligne L_1 de la manière suivante:

$$Xlinds_{L1,L2}(f) = \frac{V_FEXT_R(f)}{V_DIRECT_R(f)}$$

où, comme le montre la Figure 11-2, $V_DIRECT_R(f)$ est la tension reçue dans une charge de $100\ \Omega$ sur la ligne L_1 lorsqu'un émetteur dont la tension émise est de $V_REFERENCE_O(f)$ (dans $100\ \Omega$) est figé dans l'état d'émission et est connecté à la même ligne. Comme l'indique la Figure 11-1, $V_FEXT_R(f)$ est la tension reçue sur la ligne L_1 lorsque cette ligne se termine par une charge de $100\ \Omega$ des deux côtés et que l'émetteur ayant la même tension émise est connecté à la ligne L_2 .

NOTE 1 – Cette définition est indépendante de la valeur de $V_REFERENCE_O(f)$. Cependant, elle doit être du même ordre que les valeurs de tension d'émission généralement employées sur la ligne.

NOTE 2 – Cette définition est indépendante de tout filtre du récepteur, car les effets de ce filtre sur la ligne L_1 sont intégrés à la fois dans le numérateur et le dénominateur et s'annulent.

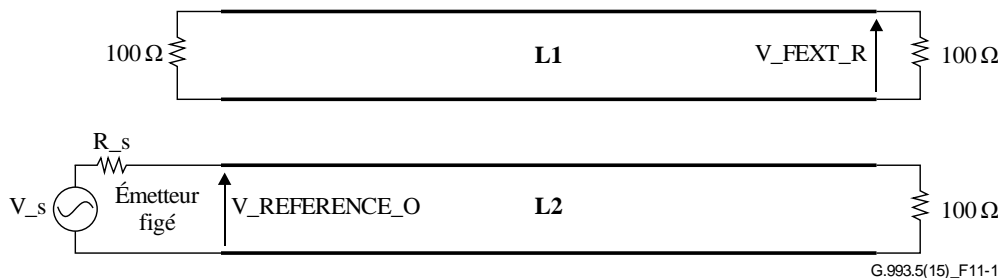


Figure 11-1 – Définition de $Xlin$ vers l'aval (tension reçue sur le canal de télédiaphonie)

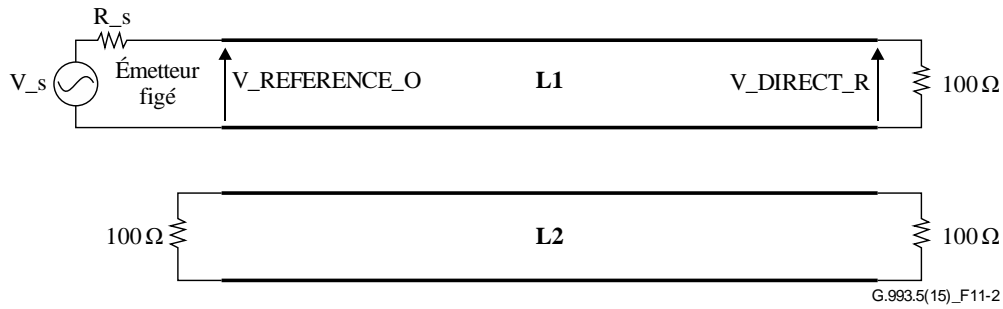


Figure 11-2 – Définition de Xlin vers l'aval (tension reçue sur le canal direct)

11.2.1.2 Transmission des coefficients de couplage de la télédiaphonie vers l'aval (Xlinpsds)

Chaque bande de fréquences sur laquelle les coefficients de couplage de la télédiaphonie vers l'aval $Xlinpsds_{i,k}(n \times \Delta f)$ sont stockés et transmis doit être représentée par une paire (*start_subcarrier_index*, *stop_subcarrier_index*) (indices de début et de fin de la sous-porteuse). Le paramètre *XLINBANDSds* qui est transmis doit représenter un tableau de ces paires classées par ordre croissant de fréquences.

NOTE – Les indices *start_subcarrier_index* et *stop_subcarrier_index* ne coïncident pas nécessairement avec les bords définis du plan de bande.

Les coefficients de couplage de la télédiaphonie vers l'aval $Xlinpsds_{i,k}(n \times \Delta f)$ doivent être stockés et transmis sur demande à l'entité de gestion au moins pour toutes les paires d'indices de ligne (*i*, *k*) du groupe vectoriel, ainsi que pour les indices de sous-porteuse *n* pour lesquels la télédiaphonie de la ligne *k* à la ligne *i* est estimée ou annulée dans le sens aval sur une bande de fréquences contenant l'indice de sous-porteuse *n* et

$$n \in \bigcup_{bands} \{start_subcarrier_index + m \times XLINGds : m = 0 \dots \lfloor (stop_subcarrier_index - start_subcarrier_index) / XLINGds \rfloor\}$$

où $\lfloor x \rfloor$ indique un arrondi à l'entier le plus bas.

Dans cette description, *XLINGds* est la taille du groupe de sous-porteuses requise pour transmettre le couplage de la télédiaphonie. Elle est limitée à des puissances de deux et doit être la plus petite valeur prise en charge qui soit supérieure ou égale à la valeur de *XLINGREQds* (voir § 11.1.5) et inférieure ou égale à 64; elle doit en outre être limitée à un nombre maximum de 511 sous-porteuses transmises.

La fonction de caractéristiques de canal $Xlinpsds_{i,k}(n \times \Delta f)$ doit être représentée sous un format linéaire par un facteur d'échelle et un nombre complexe normalisé $a(n) + j \times b(n)$, où *n* est l'indice de sous-porteuse. Le facteur d'échelle *XLINSCds* doit être codé par un entier non signé de 16 bits. *a(n)* et *b(n)* doivent être codés par des entiers signés de 16 bits en complément à 2. La valeur de $Xlinpsus_{i,j}(n \times \Delta f)$ doit être définie ainsi: $Xlinpsus_{i,j}(n \times \Delta f) = (XLINSCds / 2^{15}) \times (a(n) + j \times b(n)) / 2^{15}$. Pour obtenir la meilleure précision possible, le facteur d'échelle *XLINSCds* doit être choisi de telle sorte que $\max(|a(n)|, |b(n)|)$ pour tout *n* soit égal à $2^{15} - 1$.

Ce format de données prend en charge une granularité de 2^{-15} et une plage dynamique d'environ +6 dB à -90 dB pour *Xlin(f)*.

Une valeur de $Xlinpsds_{i,j}(n \times \Delta f)$ telle que $a(n) = b(n) = -2^{15}$ a un sens particulier: elle indique qu'aucune mesure n'a pu être effectuée de la ligne *k* vers la ligne *i* pour la sous-porteuse *n*.

Une valeur de $Xlinpsds_{i,j}(n \times \Delta f)$ telle que $a(n) \geq 0$ et $b(n) = 0$ pour tout *n* transmis a également un sens particulier: elle signifie qu'il n'y a pas d'information sur la phase et que l'amplitude de $Xlinpsus_{i,j}(n \times \Delta f)$ est de $(XLINSCds / 2^{15}) \times (a(n)) / 2^{15}$.

L'amplitude de $Xlinpsds_{i,k}(n \times \Delta f)$ en dB est égale à $Xlogpsds_{i,k}(n \times \Delta f)$:

$$Xlogpsus_{i,k}(n \times \Delta f) = 20 \log_{10}(|Xlinpsus_{i,k}(n \times \Delta f)|)$$

Toutes les exigences de précision concernant *Xlinpsus* doivent être exprimées exclusivement en termes d'amplitude (*Xlogpsds*).

Les exigences de précision concernant *Xlogpsds* doivent permettre à *Xlogpsds* d'être le logarithme de l'amplitude des éléments de l'approximation de Taylor au premier ordre de l'inverse de la matrice de précodage (voir Figure 6-1). D'autres exigences de précision concernant *Xlogpsds* seront étudiées ultérieurement.

11.2.2 Coefficients de couplage de la télédiaphonie vers l'amont (Xlinpsus)

11.2.2.1 Définition des coefficients de couplage de la télédiaphonie vers l'amont (Xlinpsus)

Le gain d'insertion de la télédiaphonie de la ligne L_2 vers la ligne L_1 dans le sens amont sur la fréquence f , $FEXT_IG_US_{L_1,L_2}(f)$, est défini comme le rapport entre la tension reçue par la télédiaphonie dans une charge de $100\ \Omega$ sur une ligne L_1 et la tension émise (dans une charge de $100\ \Omega$) sur une ligne L_2 . Si la tension émise sur une ligne L_2 dans une charge de $100\ \Omega$ est appelée $V_REFERENCE_R(f)$ et la tension reçue par la télédiaphonie sur une ligne L_1 , alors que les deux extrémités se terminent par une charge de $100\ \Omega$ comme indiqué dans la Figure 11-3, est appelée $V_FEXT_O(f)$, alors le gain d'insertion de la télédiaphonie de la ligne L_2 vers la ligne L_1 dans le sens amont, sur une échelle linéaire, est donné par l'équation suivante:

$$FEXT_IG_US_{L_1,L_2}(f) = \frac{V_FEXT_O(f)}{V_REFERENCE_R(f)}$$

Le coefficient de couplage de la télédiaphonie de la ligne L_2 vers la ligne L_1 vers l'amont sur la fréquence f est défini comme le rapport entre le gain d'insertion de la télédiaphonie de la ligne L_2 vers la ligne L_1 et le gain d'insertion du canal direct de la ligne L_1 (ou de la fonction caractéristique de canal, H , de la ligne L_2), qui se calcule de la manière suivante:

$$Xlinus_{L_1,L_2}(f) = \frac{FEXT_IG_US_{L_1,L_2}(f)}{H_{L_2}(f)}$$

Le coefficient de couplage de la télédiaphonie vers l'amont peut aussi être représenté au regard du canal direct $V_DIRECT_O(f)$ reçu sur la ligne L_2 et de la tension reçue sur le canal de télédiaphonie sur la ligne L_1 de la manière suivante:

$$Xlinus_{L_1,L_2}(f) = \frac{V_FEXT_O(f)}{V_DIRECT_O(f)}$$

où, comme le montre la Figure 11-4, $V_DIRECT_O(f)$ est la tension reçue dans une charge de $100\ \Omega$ sur la ligne L_2 lorsqu'un émetteur dont la tension émise est de $V_REFERENCE_R(f)$ (dans $100\ \Omega$) est figé dans l'état d'émission et est connecté à la même ligne. Comme l'indique la Figure 11-3, $V_FEXT_O(f)$ est la tension reçue sur la ligne L_1 lorsque cette ligne se termine par une charge de $100\ \Omega$ des deux côtés et que l'émetteur ayant la même tension émise est connecté à la ligne L_2 .

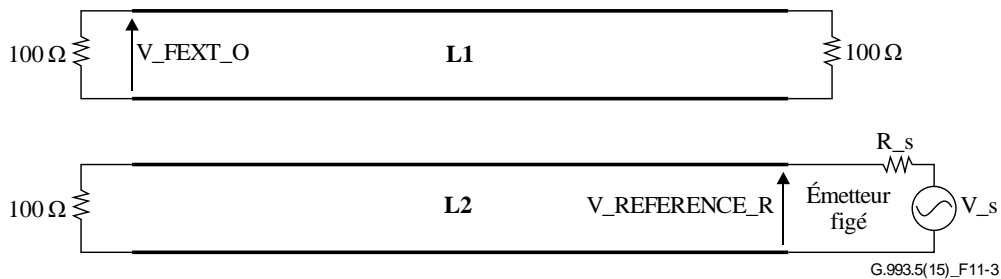


Figure 11-3 – Définition de Xlin vers l'amont (tension reçue sur le canal de télédiaphonie)

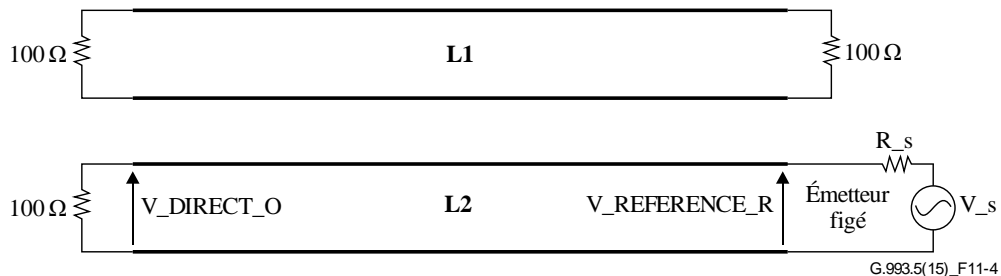


Figure 11-4 – Définition de Xlin vers l'amont (tension reçue sur le canal direct)

11.2.2.2 Transmission des coefficients de couplage de la télédiaphonie vers l'amont (Xlinpsus)

Chaque bande de fréquences sur laquelle les coefficients de couplage de la télédiaphonie vers l'amont $Xlinpsus_{i,k}(n \times \Delta f)$ sont stockés et transmis doit être représentée par une paire ($start_subcarrier_index, stop_subcarrier_index$) (indices de début et de fin de la sous-porteuse). Le paramètre $XLINBANDS_{us}$ qui est transmis doit représenter un tableau de ces paires classées par ordre croissant de fréquences.

NOTE – Les indices $start_subcarrier_index$ et $stop_subcarrier_index$ ne coïncident pas nécessairement avec les bords définis du plan de bande.

Les coefficients de couplage de la télédiaphonie vers l'amont $Xlinpsus_{i,k}(n \times \Delta f)$ doivent être stockés et transmis sur demande à l'entité de gestion au moins pour toutes les paires d'indices de ligne (i, k) du groupe vectoriel, ainsi que pour les indices de sous-porteuse n pour lesquels la télédiaphonie de la ligne k à la ligne i est estimée ou annulée dans le sens amont sur une bande de fréquences contenant l'indice de sous-porteuse n et

$$n \in \bigcup_{bands} \{start_subcarrier_index + m \times XLINGus : m = 0 \dots \lfloor (stop_subcarrier_index - start_subcarrier_index) / XLINGus \rfloor\}$$

où $\lfloor x \rfloor$ indique un arrondi à l'entier le plus bas.

Dans cette description, $XLINGus$ est la taille du groupe de sous-porteuses requise pour transmettre le couplage de la télédiaphonie. Elle est limitée à des puissances de deux et doit être supérieure ou égale à la valeur de $XLINGREQus$ (voir § 11.1.5) et inférieure ou égale à 64; elle doit en outre être limitée à un nombre maximum de 511 sous-porteuses transmises.

La fonction de caractéristiques de canal $Xlinpsus_{i,k}(n \times \Delta f)$ doit être représentée sous un format linéaire par un facteur d'échelle et un nombre complexe normalisé $a(n) + j \times b(n)$, où n est l'indice de sous-porteuse. Le facteur d'échelle $XLINSCus$ doit être codé par un entier non signé de 16 bits. $a(n)$ et $b(n)$ doivent être codés par des entiers signés de 16 bits en complément à 2. La valeur de $Xlinpsus_{i,j}(n \times \Delta f)$ doit être définie ainsi: $Xlinpsus_{i,j}(n \times \Delta f) = (XLINSCus / 2^{15}) \times (a(n) + j \times b(n)) / 2^{15}$. Pour obtenir la meilleure précision possible, le facteur d'échelle $XLINSCus$ doit être choisi de telle sorte que $\max(|a(n)|, |b(n)|)$ pour tout n transmis soit égal à $2^{15} - 1$.

Ce format de données prend en charge une granularité de 2^{-15} et une plage dynamique d'environ +6 dB à -90 dB pour $Xlin(f)$.

Une valeur de $Xlinpsus_{i,j}(n \times \Delta f)$ telle que $a(n) = b(n) = -2^{15}$ a un sens particulier: elle indique qu'aucune mesure n'a pu être effectuée de la ligne k vers la ligne i pour la sous-porteuse n .

Une valeur de $Xlinpsus_{i,j}(n \times \Delta f)$ telle que $a(n) \geq 0$ et $b(n) = 0$ pour tout n transmis a également un sens particulier: elle signifie qu'il n'y a pas d'information sur la phase et que l'amplitude de $Xlinpsus_{i,j}(n \times \Delta f)$ est l'amplitude de $a(n)$.

L'amplitude de $Xlinpsus_{i,k}(n \times \Delta f)$ en dB est égale à $Xlogpsus_{i,k}(n \times \Delta f)$:

$$Xlogpsus_{i,k}(n \times \Delta f) = 20 \log_{10}(|Xlinpsus_{i,k}(n \times \Delta f)|)$$

Toutes les exigences de précision concernant $Xlinpsus$ doivent être exprimées exclusivement en termes d'amplitude ($Xlogpsus$) et seront étudiées ultérieurement.

Annexe A

Atténuation de la télédiaphonie de forte intensité

(Cette Annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation.)

A.1 Introduction

On trouvera dans la présente Annexe une méthode permettant d'atténuer la télédiaphonie de forte intensité.

Il s'agit d'une fonctionnalité facultative, qui n'est applicable que si le VTU fonctionne conformément à l'Annexe Q de [UIT-T G.993.2].

La fonctionnalité définie ci-après prévoit:

- une procédure de réglage de gain déclenché par l'émetteur pour la VDSL2 (TIGAV);
- l'emploi d'un seuil d'écrêtage d'erreurs étendu.

A.2 Paramètre de commande du taux minimal de données de surdébit de message (modifie le § 9.5.4 de [UIT-T G.993.2])

Pour que le système fonctionne conformément à la présente annexe, les paramètres de commande vers l'aval msg_{min} et vers l'amont msg_{min} doivent être respectivement calculés à partir des paramètres de configuration MSGMINds et MSGMINus (qui sont définis dans la base CO-MIB, voir § 7.3.1.5 de [UIT-T G.997.1]) de la manière suivante:

- Pour le profil 35b:
 - vers l'aval: $\max(\text{MSGMINds}, 200 \text{ kbit/s}) \leq msg_{min} \leq 236 \text{ kbit/s}$;
 - vers l'amont: $\max(\text{MSGMINus}, 64 \text{ kbit/s}) \leq msg_{min} \leq 236 \text{ kbit/s}$.
- Pour le profil 17a:
 - vers l'aval: $\max(\text{MSGMINds}, 64 \text{ kbit/s}) \leq msg_{min} \leq 236 \text{ kbit/s}$;
 - vers l'amont: $\max(\text{MSGMINus}, 64 \text{ kbit/s}) \leq msg_{min} \leq 236 \text{ kbit/s}$.

A.3 Échantillons d'erreurs écrêtés

A.3.1 Définition d'un échantillon d'erreurs écrêté (remplace le § 3.2.4)

échantillon d'erreurs écrêté: échantillon d'erreurs normalisé qui est de plus écrêté par le VTU-R piloté par l'entité de commande vectorielle (VCE) (voir § A.3.3).

A.3.2 Paramètres de commande pour transmettre les échantillons d'erreurs écrêtés (remplace le § 7.2.2.1)

Pour que le fonctionnement soit conforme à la présente annexe, une valeur obligatoire supplémentaire a été ajoutée (voir Tableau A.1) aux paramètres de commande permettant de transmettre les échantillons d'erreurs écrêtés par rapport aux valeurs indiquées dans le Tableau 7-2. Cette valeur doit être configurée par la VCE et être prise en charge par le VTU-O et le VTU-R.

Tableau A.1 – Valeurs supplémentaires dans les paramètres de commande du canal de retour

Paramètre	Valeur reconnue supplémentaire pour la VCE	Valeur obligatoire supplémentaire pour le VTU-O et le VTU-R
B_{max}	13	13

A.3.3 Définition d'un échantillon d'erreurs normalisé (modifie le § 7.2.1)

Pour toute valeur de B_{max} , l'échantillon d'erreurs normalisé doit être conforme à la définition du § 7.2.1.

Les composantes réelle et imaginaire de chaque échantillon d'erreurs normalisé E doivent être échantillonnées et quantifiées à des valeurs entières, respectivement pour les composantes q_x et q_y de l'échantillon, de la manière suivante:

$$\begin{aligned} \text{pour } B_{max} \leq 11: & \quad q_x = \max\left(-2^{B_{max}}, \min\left(\left\lfloor e_x \times 2^{N_{max}-1} \right\rfloor, 2^{B_{max}-1}\right)\right) \\ & \quad q_y = \max\left(-2^{B_{max}}, \min\left(\left\lfloor e_y \times 2^{N_{max}-1} \right\rfloor, 2^{B_{max}-1}\right)\right), \\ \text{pour } B_{max} = 13: & \quad q_x = \max\left(-CT, \min\left(\left\lfloor e_x \times 2^{N_{max}-1} \right\rfloor, CT-1\right)\right) \\ & \quad q_y = \max\left(-CT, \min\left(\left\lfloor e_y \times 2^{N_{max}-1} \right\rfloor, CT-1\right)\right) \end{aligned}$$

où $Q = q_x + j \times q_y$ représente l'échantillon d'erreurs échantillonné, N_{max} représente la profondeur maximale de quantification des échantillons d'erreurs normalisés et doit être fixée à 12, et B_{max} représente le plafond de l'indice de bit dans la transmission des composantes q_x et q_y de l'échantillon d'erreurs échantillonné ($B_{max} < N_{max}$, B_{max} étant configuré par la VCE, voir les Tableaux 7-1 et 7-2).

Si $B_{max} = 13$, le paramètre CT représente le seuil d'écrêtage, qui dépend du fournisseur mais doit rester dans l'intervalle $[2^{B_{max}} - 2^{(N_{max}-1)}, 2^{B_{max}}]$. La valeur de CT doit être déterminée par le VTU-R pendant l'initialisation avant l'envoi du message R-ERROR-FEEDBACK; elle doit rester identique jusqu'à la fin de l'initialisation et pendant la phase active suivante (voir Notes 1 et 2).

NOTE 1 – S'agissant du réglage illustré dans la Figure 7-3, les intervalles d'écrêtage équivalents pour e_x et e_y sont les suivants:

$$\text{pour } B_{max} \leq 11: \left[-\left(\frac{2^{B_{max}}}{2^{(N_{max}-1)}}\right), \left(\frac{2^{B_{max}} - 1}{2^{(N_{max}-1)}}\right) \right], \text{ ce qui est approximativement égal à } [-1, 1)$$

si $B_{max} = 11$;

$$\text{pour } B_{max} = 13: \left[-\frac{CT}{2^{(N_{max}-1)}}, \frac{CT-1}{2^{(N_{max}-1)}} \right], \text{ où } \frac{CT}{2^{(N_{max}-1)}} \text{ se trouve dans l'intervalle } [3, 4],$$

ce qui est approximativement égal à $(-3, 3)$ si $CT = (2^{B_{max}} - 2^{(N_{max}-1)})$.

NOTE 2 – Si $B_{max} = 13$, aucun écrêtage dépendant du fournisseur n'est autorisé pour les échantillons d'erreurs se trouvant dans l'intervalle $[-(2B_{max} - 2(N_{max} - 1)), (2B_{max} - 2(N_{max} - 1)) - 1]$.

Pour toutes les valeurs de B_{max} , la valeur des composantes q_x et q_y de l'échantillon d'erreurs échantillonné doit être représentée en complément à 2 sur $B_{max}+1$ bits. Le format de l'échantillon d'erreurs échantillonné lors de la transmission sur le canal de retour est défini au § 7.2.2. Les sous-porteuses particulières sur lesquelles les échantillons d'erreurs échantillonnés vont être transmis pendant l'initialisation et la phase active doivent respectivement être configurées conformément au § 10.4.2.1 et au § 8.1.

A.4 Commandes OLR

Le VTU doit prendre en charge les commandes de reconfiguration en ligne (OLR) pour faciliter l'exploitation des lignes vectorielles conformément à la présente annexe (voir Tableau A.2).

Tableau A.2 – Commandes OLR et réponses

Type de commande	Direction de la commande	Contenu de la commande	Contenu de la réponse
Demande OLR de type 7 (TIGAV)	Du VTU-O au VTU-R	Facteur de compensation du gain relatif (r_i) et charge de bits proposée (b_i) à appliquer à un ensemble de sous-porteuses en aval.	Réponse TIGAV-ACK ou TIGAV-Reject
Demande OLR de type 8 (TIGAVRESP)	Du VTU-R au VTU-O	Charge de bits (b_i) à appliquer à l'ensemble de sous-porteuses en aval pertinent, et paramètres de tramage.	Réponse TIGAVRESP-ACK ou TIGAVRESP-Reject

A.5 Phase de prise de contact UIT-T G.994.1 (modifie le § 10.2)

La fonctionnalité définie dans la présente annexe doit être négociée au cours de la phase de prise de contact UIT-T G.994.1, pendant l'initialisation, en utilisant la séquence de codage NPar(3) définie dans le Tableau 11.68.10.1 de [UIT-T G.994.1]. L'utilisation de cette séquence de codage dans les messages CL, CLR et MS de la Recommandation UIT-T G.994.1 est définie dans les Tableaux A.3 à A.6.

Tableau A.3 – Définitions du bit NPar(3) dans le message CL du VTU-O

Bit NPar(3) de UIT-T G.994.1	Définition du bit NPar(3)
<i>Support of strong FEXT mitigation</i> (Prise en charge de l'atténuation de la télédiaphonie de forte intensité)	S'il est fixé à UN, ce bit indique que le VTU-O prend en charge la fonctionnalité définie dans la présente annexe. S'il est fixé à ZÉRO, il indique que le VTU-O ne prend pas en charge cette fonctionnalité.

Tableau A.4 – Définitions du bit NPar(3) dans le message MS du VTU-O

Bit NPar(3) de UIT-T G.994.1	Définition du bit NPar(3)
<i>Support of strong FEXT mitigation</i> (Prise en charge de l'atténuation de la télédiaphonie de forte intensité)	Ce bit doit être fixé à UN si et seulement s'il était fixé à UN dans les messages CL et CLR les plus récents, et qu'un profil auquel la présente annexe s'applique a été sélectionné. S'il est fixé à UN, ce bit indique que la fonctionnalité définie dans la présente annexe est activée. S'il est fixé à ZÉRO, il indique que cette fonctionnalité est désactivée.

Tableau A.5 – Définitions du bit NPar(3) dans le message CLR du VTU-R

Bit NPar(3) de UIT-T G.994.1	Définition du bit NPar(3)
<i>Support of strong FEXT mitigation</i> (Prise en charge de l'atténuation de la télédiaphonie de forte intensité)	S'il est fixé à UN, ce bit indique que le VTU-R prend en charge la fonctionnalité définie dans la présente annexe. S'il est fixé à ZÉRO, il indique que le VTU-R ne prend pas en charge cette fonctionnalité.

Tableau A.6 – Définitions du bit NPar(3) dans le message MS du VTU-R

Bit NPar(3) de UIT-T G.994.1	Définition du bit NPar(3)
<i>Support of strong FEXT mitigation</i> (Prise en charge de l'atténuation de la télédiaphonie de forte intensité)	Ce bit doit être fixé à UN si et seulement s'il était fixé à UN dans les messages CL et CLR les plus récents, et qu'un profil auquel la présente annexe s'applique a été sélectionné. S'il est fixé à UN, ce bit indique que la fonctionnalité définie dans la présente annexe est activée. S'il est fixé à ZÉRO, il indique que cette fonctionnalité est désactivée.

Si le bit Npar(3) "Support of strong FEXT mitigation" (Prise en charge de l'atténuation de la télédiaphonie de forte intensité) d'un message CLR conforme à la Recommandation UIT-T G.994.1 est fixé à UN, il indique que le profil 35b est pris en charge et peut indiquer que tout autre profil est également pris en charge.

Si le bit Npar(3) "Support of strong FEXT mitigation" d'un message CL conforme à la Recommandation UIT-T G.994.1 est fixé à UN et que le profil 35b est activé dans la base CO-MIB, ce bit indique que le profil 35b est pris en charge et peut indiquer que tout autre profil est également pris en charge.

Si le bit Npar(3) "Support of strong FEXT mitigation" d'un message MS conforme à la Recommandation UIT-T G.994.1 est fixé à UN, il doit fonctionner conformément à l'Annexe Q de [UIT-T G.993.2] et doit choisir entre un fonctionnement conforme au profil 17a ou au profil 35b.

A.6 Fonctionnalité TIGAV

La fonctionnalité associée à la procédure de réglage de gain déclenché par l'émetteur pour la VDSL2 (TIGAV) doit être prise en charge aussi bien par le VTU-O que par le VTU-R.

Le but de cette procédure est d'accélérer l'adaptation aux modifications intervenues dans le précodeur dans un environnement de télédiaphonie de forte intensité, en indiquant au VTU-R les modifications liées à la compensation de gain et les modifications prévues de la charge de bits sur les sous-porteuses en aval pertinentes.

Le VTU-O commence la procédure en envoyant une commande TIGAV au VTU-R pour communiquer le facteur (r_i) de compensation du gain relatif et la charge de bits (b_i) proposée, qui doivent être appliqués à l'ensemble de sous-porteuses en aval indiqué. En réponse, et compte tenu des valeurs de r_i reçues, le VTU-R calcule la charge de bits en aval réelle et la renvoie au VTU-O dans une commande TIGAVRESP. Le VTU-O envoie ensuite au VTU-R un marqueur temporel indiquant la position de symbole à laquelle les nouvelles valeurs de r_i sont appliquées par le VTU-R; les valeurs réelles de b_i demandées par le VTU-R sont alors appliquées par les deux VTU. On trouvera une description détaillée de cet échange de messages au § A.6.2.

Le VTU-R peut soit accepter la charge de bits réelle proposée dans la commande TIGAV, soit demander que la charge de bits réelle soit différente. Dans ce dernier cas, la charge de bits réelle demandée par le VTU-R dans la commande TIGAVRESP doit être conforme aux règles définies au § A.6.1.2.

A.6.1 Commandes TIGAV et TIGAVRESP

Les commandes TIGAV et TIGAVRESP sont des commandes de reconfiguration en ligne (OLR) et servent à faciliter la procédure TIGAV. Ces deux commandes ont une priorité élevée; les premiers octets des commandes et des réponses associées doivent être conformes au type de commande OLR défini dans le Tableau 11-2 de [UIT-T G.993.2]. Les octets suivants des commandes doivent être conformes à la définition du Tableau A.7. Les octets suivants des réponses doivent être conformes à la définition du Tableau A.8. Les octets de toutes les commandes et toutes les réponses doivent être envoyés au format décrit au § 11.2.3.1 de [UIT-T G.993.2]. Les messages doivent être segmentés conformément au § 11.2.3.3 de [UIT-T G.993.2].

La commande TIGAV ne doit être envoyée que par le VTU-O.

La commande TIGAVRESP ne doit être envoyée que par le VTU-R.

On emploie un numéro d'identification du TIGAV (TID) sur 4 bits pour identifier la commande TIGAV. Le TID doit être incrémenté chaque fois que le VTU-O crée un TIGAV contenant un nouvel ensemble de paramètres, jusqu'à la valeur 1111_2 , soit une incrémentation de 1111_2 à 0000_2 . Le VTU-R doit utiliser dans la commande TIGAVRESP un TID identique à celui que le VTU-O a utilisé dans la commande TIGAV.

Tableau A.7 – Commandes TIGAV et TIGAVRESP

Nom	Longueur (octets)	Numéro d'octet	Contenu	Prise en charge
Demande de type 7 (TIGAV)	Variable	2	10_{16} (Note 1)	Obligatoire
		3	Les quatre bits de plus fort poids (MSB) représentent le numéro TID (dont la valeur reconnue est comprise entre 0 et 15 et doit être représentée par un entier non signé). Les quatre bits de plus faible poids (LSB) représentent le nombre de sous-champs des paramètres concernant les bandes de sous-porteuses ($1 \leq N_{scbt} \leq 15$, représenté par un entier non signé).	
		Variable	Champ des paramètres concernant les bandes de sous-porteuses, qui contient N_{scbt} sous-champs (voir Tableau A.10).	
		Variable	1 octet pour le code de segment (SC)	

Tableau A.7 – Commandes TIGAV et TIGAVRESP

Nom	Longueur (octets)	Numéro d'octet	Contenu	Prise en charge
Demande de type 8 (TIGAVRESP) (Note 2)	Variable	2	11_{16} (Note 1)	Obligatoire
		3-4	deux octets contenant la nouvelle valeur de L_I	
		5	un octet contenant la nouvelle valeur de B_{I0}	
		6	un octet contenant la nouvelle valeur de M_I	
		7	un octet contenant la nouvelle valeur de R_I	
		8	un octet contenant la nouvelle valeur de Q	
		9	un octet contenant la nouvelle valeur de V	
		10	un octet contenant la nouvelle valeur de Q_{tx}	
		11	un octet contenant la nouvelle valeur de lb	
		12	Les quatre MSB représentent le numéro TID (dont la valeur reconnue est comprise entre 0 et 15 et doit être représentée par un entier non signé). Les quatre LSB représentent le nombre de sous- champs des paramètres concernant les bandes de sous-porteuses ($0 \leq N_{scbr} \leq 15$, représenté par un entier non signé). $N_{scbr} = 0$: Accepter la charge de bits proposée dans la commande TIGAV. $N_{scbr} > 0$: Envoyer en réponse les valeurs de charge de bits demandées par le VTU-R et indiquées dans le champ de paramètres concernant les bandes de sous-porteuses.	
Variable	Champ de paramètres concernant les bandes de sous-porteuses, qui contient N_{scbr} sous-champs (voir Tableau A.14). Si $N_{scbr} = 0$, la longueur de ce champ doit être de 0 octets.			
Variable	1 octet pour le code de segment (SC)			
NOTE 1 – Toutes les autres valeurs sont réservées par l'UIT-T.				
NOTE 2 – Les paramètres de tramage indiqués dans les octets 3 à 11 doivent être représentés conformément aux dispositions du § C.3.2 de [UIT-T G.998.4] concernant la demande de type 5.				

Les commandes TIGAV-Reject et TIGAV-ACK ainsi que TIGAVRESP-Reject et TIGAVRESP-ACK sont respectivement des réponses aux commandes TIGAV et TIGAVRESP (voir Tableau A.8). Les codes de cause correspondant aux réponses de refus sont définis dans le Tableau A.9.

Les réponses TIGAV-Reject et TIGAV-ACK ne doivent être envoyées que par le VTU-R.

Les réponses TIGAVRESP-Reject et TIGAVRESP-ACK ne doivent être envoyées que par le VTU-O.

Tableau A.8 – Réponses TIGAV et TIGAVRESP

Nom	Longueur (octets)	Numéro d'octet	Contenu	Prise en charge
Refus de la demande de type 7 (TIGAV-Reject)	3	2	87 ₁₆ (Note)	Obligatoire
		3	1 octet pour le code de cause	
Accusé de réception de la demande de type 7 (TIGAV-ACK)	2	2	89 ₁₆ (Note)	Obligatoire
Refus de la demande de type 8 (TIGAVRESP-Reject)	3	2	88 ₁₆ (Note)	Obligatoire
		3	1 octet pour le code de cause	
Accusé de réception de la demande de type 8 (TIGAVRESP-ACK)	2	2	8A ₁₆ (Note)	Obligatoire
NOTE – Toutes les autres valeurs sont réservées par l'UIT-T.				

Tableau A.9 – Codes de cause dans les réponses TIGAV et TIGAVRESP

Cause	Valeur de l'octet	Applicable aux refus des demandes de type 7	Applicable aux refus des demandes de type 8
Occupé	01 ₁₆ (Note)	Non	Oui
Paramètres non reconnus	02 ₁₆ (Note)	Oui	Oui
NOTE – Toutes les autres valeurs sont réservées par l'UIT-T.			

A.6.1.1 Paramètres de la commande TIGAV

Dans la commande TIGAV, le champ des paramètres concernant les bandes de sous-porteuses contient N_{sct} sous-champs. Le format de chacun de ces sous-champs est défini dans le Tableau A.10.

Chacun de ces sous-champs identifie une bande TIGAV, qui est délimitée par ses indices de sous-porteuse i_{start} et i_{stop} :

- L'indice i_{start} peut tomber sur une sous-porteuse active ou inactive (par exemple, $g_i = 0$). L'indice i_{stop} peut aussi tomber sur une sous-porteuse active ou inactive (par exemple, $g_i = 0$). On peut également trouver des sous-porteuses inactives dans une bande TIGAV.
- Les indices i_{start} et i_{stop} déterminent la grille des indices de sous-porteuses de commande pour l'interpolation " r_i " (voir § A.6.1.3) de la manière suivante:

$$i = i_{start} + k \times F_{sub_TIGAV}, \text{ où } k = 0, 1, 2, \dots (N_r - 1),$$
 avec une contrainte: $i_{stop} = i_{start} + (N_r - 1) \times F_{sub_TIGAV}$, où N_r est un entier supérieur à 1, et F_{sub_TIGAV} est le sous-échantillonnage appliqué r_i , conformément au Tableau A.10.
- Les indices i_{start} et i_{stop} doivent satisfaire aux conditions suivantes:

$$i_{start} > i_{start_DSx} - F_{sub_TIGAV},$$

$$i_{stop} < i_{stop_DSx} + F_{sub_TIGAV},$$
 où i_{start_DSx} et i_{stop_DSx} sont respectivement l'indice de sous-porteuse minimum et maximum appartenant à la bande passante vers l'aval considérée (voir § 7.1 de [UIT-T G.993.2]).

NOTE – Il est ainsi possible de choisir librement l'emplacement de la grille du point de commande TIGAV.

- Les indices i_{start} et i_{stop} sont indépendants de l'ensemble MEDLEYds, c'est-à-dire que i_{start} peut être inférieur, égal ou supérieur à l'indice de sous-porteuse minimum de l'ensemble MEDLEYds, et i_{stop} peut être inférieur, égal ou supérieur à l'indice de sous-porteuse maximum de l'ensemble MEDLEYds, respectivement.
- Les indices i_{start} et i_{stop} sont indépendants des bandes vectorielles (échangées dans le champ *vectored bands* de la commande Error Feedback définie dans le Tableau 8-3).

Pour toute bande n suivie d'une bande $n + 1$ de la commande TIGAV ($n = 1$ à $N_{scbt} - 1$):

- $i_{stop}(n)$ doit être inférieur ou égal à $i_{start}(n + 1)$, c'est-à-dire qu'il n'y a pas d'indice commun ou qu'il y en a un.
- Si $i_{stop}(n) = i_{start}(n + 1)$ (c'est-à-dire qu'il y a un indice commun), les valeurs r_i et b_i doivent respecter les contraintes suivantes: $r(i_{stop}(n)) = r(i_{start}(n + 1))$ et $b(i_{stop}(n)) = b(i_{start}(n + 1))$.

Il peut y avoir des sous-porteuses actives ou inactives en-dehors des bandes TIGAV. Sur les sous-porteuses actives, le VTU-R doit supposer que $r_i = 1$ (c'est-à-dire que l'égaliseur dans le domaine fréquence (FEQ) ne subira pas d'incidence de la part de la commande TIGAV) et que b_i n'a pas été modifié.

Les bandes TIGAV doivent être transmises dans l'ordre croissant de l'intervalle de leur indice de sous-porteuse.

Tableau A.10 – Sous-champ des paramètres concernant les bandes de sous-porteuses de la commande TIGAV

Paramètre	Longueur (octets)	Définition
<i>Control byte</i> (Octet de commande)	1	[c000 ffff] Le bit de commande $c = 0$ indique que ce sous-champ contient les paramètres réels de r_i (voir Note 2). Le bit de commande $c = 1$ indique que ce sous-champ contient les paramètres complexes de r_i (voir Note 2). Les bits de commande $ffff = F_{sub_TIGAV}$ concernant ce sous-champ sont représentés par un entier non signé.
i_{start}	2	Indice de début de sous-porteuse de bande TIGAV (i_{start}), représenté par un entier non signé de 16 bits.
i_{stop}	2	Indice de fin de sous-porteuse de bande TIGAV (i_{stop}), représenté par un entier non signé de 16 bits.
b_i	$\text{ceil}(N_b / 2)$ (Note 1)	Ce champ contient N_b paramètres b_i dans une commande TIGAV (voir Tableau A.11) pour les sous-porteuses portant les indices i_{start} à i_{stop} , dans l'ordre croissant des indices.
<i>real</i> r_i	$2 \times N_r$	Ce champ est présent si et seulement si le bit de commande $c = 0$. Il contient N_r paramètres r_i réels dans une commande TIGAV (voir Tableau A.13) pour les sous-porteuses portant l'indice $i_{start} + k \times F_{sub_TIGAV}$, avec $k = 0$ à $N_r - 1$, dans l'ordre croissant des indices.
<i>complex</i> r_i (r_i complexe)	$3 \times N_r$	Ce champ est présent si et seulement si le bit de commande $c = 1$. Il contient N_r paramètres r_i complexes dans une commande TIGAV (voir Tableau A.12) pour les sous-porteuses portant l'indice $i_{start} + k \times F_{sub_TIGAV}$, avec $k = 0$ à $N_r - 1$, dans l'ordre croissant des indices.
NOTE 1 – $N_b = i_{stop} - i_{start} + 1$.		
NOTE 2 – Le bit c doit avoir la même valeur dans tous les sous-champs des paramètres concernant les bandes des sous-porteuses.		

Les valeurs reconnues de F_{sub_TIGAV} sont 1, 4 et 8 (en d'autres termes, les valeurs de r_i peuvent être sous-échantillonnées).

Le VTU-O et le VTU-R doivent tous deux prendre en charge l'ensemble des valeurs reconnues de i_{start} , i_{stop} et F_{sub_TIGAV} .

Tableau A.11 – Format du paramètre b_i dans une commande TIGAV

Bit	Longueur (bits)	Paramètre (voir Notes 1 et 2)	Format
3-0	4	b_i (de la sous-porteuse k)	Entier non signé dans la fourchette [0:15]
7-4	4	b_i (de la sous-porteuse $k+1$)	Entier non signé dans la fourchette [0:15]

NOTE 1 – Les valeurs de b_i pour les sous-porteuses qui se trouvent dans la fourchette indiquée (c'est-à-dire de i_{start} à i_{stop}) mais ne font pas partie de l'ensemble MEDLEYds doivent être intégrées. Elles doivent être fixées à zéro par l'émetteur et être ignorées par le récepteur.

NOTE 2 – Si la valeur de N_b est impaire, les bits 7-4 des paramètres b_i associés à l'indice de sous-porteuse le plus élevé doivent être fixés à 0000₂.

Tableau A.12 – Format du paramètre r_i complexe dans une commande TIGAV

Bit	Longueur (bits)	Paramètre (voir Notes 1 et 2)	Format
2-0	3	Exposant de r_i	E3/4
12-3	10	Mantisse de la partie réelle de r_i	M10(1Q9) signé
22-13	10	Mantisse de la partie imaginaire de r_i	M10(1Q9) signé
23	1	Réservé par l'UIT-T	Le bit doit être mis à 0

NOTE 1 – Les valeurs de r_i pour les sous-porteuses qui se trouvent dans la fourchette indiquée (c'est-à-dire de i_{start} à i_{stop}) mais ne font pas partie de l'ensemble MEDLEYds sont fixées à une valeur non nulle qui dépend du fournisseur.

NOTE 2 – Le premier octet émis doit contenir les bits 23(MSB) à 16(LSB). Le deuxième octet émis doit contenir les bits 15(MSB) à 8(LSB). Le troisième octet émis doit contenir les bits 7(MSB) à 0(LSB).

Le descripteur de format **L M ML(iQf) E LE/B** décrit un format à virgule flottante dont la longueur de mot totale est L. La longueur de mot de sa mantisse est de ML bits, le point binaire étant juste à droite du ième bit de plus fort poids (y compris le bit de signe si l'entier est signé), et f bits étant attribués après le point binaire (donc $ML = i + f$). L'exposant n'est jamais signé et sa longueur de mot est LE. Il a un gain unitaire lorsque sa valeur est égale à B. Les lettres M, Q et E sont des séparateurs de syntaxe.

Les parties réelle et imaginaire de la valeur r_i du gain complexe doivent toutes deux avoir le format 13M10(1Q9) E3/4 avec une mantisse signée et un exposant commun.

Une valeur r_i complexe non nulle doit se trouver dans la fourchette des valeurs reconnues, qui est exprimée en dB de la manière suivante:

$$-18 \text{ dB} < 20 \times \log_{10}(\text{abs}(r_i)) < +18 \text{ dB},$$

où $\text{abs}(x)$ est le modulo d'une valeur complexe x.

$r_i = 0$ est une valeur particulière du paramètre r_i complexe; elle doit être codée avec une mantisse = 0 et un exposant = 0, tant pour la partie réelle que pour la partie imaginaire, et doit s'accompagner de $b_i = 0$.

Tableau A.13 – Format du paramètre r_i réel dans une commande TIGAV

Bit	Longueur (bits)	Paramètre (voir Notes 1 et 2)	Format
2-0	3	Exposant de r_i	E3/4
12-3	9	Mantisse de r_i	M9(0Q9) non signé (voir Note 3)
15-12	4	Réservé par l'UIT-T	Le bit doit être mis à 0

NOTE 1 – Les valeurs de r_i pour les sous-porteuses qui se trouvent dans la fourchette indiquée (c'est-à-dire de i_{start} à i_{stop}) mais ne font pas partie de l'ensemble MEDLEYds sont fixées à une valeur non nulle qui dépend du fournisseur.

NOTE 2 – Le premier octet émis doit contenir les bits 15(MSB) à 8(LSB). Le deuxième octet émis doit contenir les bits 7(MSB) à 0(LSB).

NOTE 3 – Les valeurs du paramètre r_i réel doivent toujours être positives.

La valeur d'un paramètre r_i réel doit avoir le format 12M9(0Q9) E3/4 en virgule flottante non signé. Une valeur r_i réelle non nulle doit se trouver dans la fourchette des valeurs reconnues, qui est exprimée en dB de la manière suivante:

$$-18 \text{ dB} < 20 \times \log_{10} (r_i) < +18 \text{ dB}.$$

$r_i = 0$ est une valeur particulière du paramètre r_i réel; elle doit être codée avec une mantisse = 0 et un exposant = 0 et doit s'accompagner de $b_i = 0$.

NOTE – La procédure TIGAV ne modifie pas les valeurs de g_i en aval. On modifie la puissance d'émission des sous-porteuses en aval associées au TIGAV en apportant les modifications correspondantes au précodeur.

A.6.1.2 Paramètres pilotés par la commande TIGAVRESP

Le champ des paramètres concernant les bandes de sous-porteuses dans la commande TIGAVRESP comprend N_{sabr} sous-champs. Le format de chacun de ces sous-champs est défini dans le Tableau A.14.

Chaque sous-champ de paramètres concernant les bandes de sous-porteuses identifie une bande TIGAVRESP. Les bandes TIGAVRESP de la commande TIGAVRESP doivent répondre à des exigences identiques à celles qui visent les bandes TIGAV de la commande TIGAV et qui sont définies au § A.6.1.1, ainsi qu'aux exigences supplémentaires suivantes:

- 1) La valeur N_{sabr} est remplacée par la valeur N_{sabr} .
- 2) Si N_{sabr} prend une valeur non nulle dans la commande TIGAVRESP, les bandes TIGAVRESP de la commande TIGAVRESP doivent comporter au moins toutes les sous-porteuses MEDLEY visées par la commande TIGAV correspondante.
- 3) Les valeurs b_i demandées par la commande TIGAVRESP pour toutes les sous-porteuses MEDLEY visées par la commande TIGAV correspondante ne doivent pas être supérieures aux valeurs b_i proposées par la commande TIGAV. Outre ce plafond obligatoire, la charge de bits réelle de la commande TIGAVRESP doit être plafonnée par la charge de bits fondée sur la modification du rapport signal/bruit (SNR) prévue au regard des nouvelles valeurs de r_i et pourrait aussi être plafonnée par d'autres facteurs.
- 4) Si les bandes TIGAVRESP de la commande TIGAVRESP comportent plus de sous-porteuses MEDLEY que les bandes de la commande TIGAV, les valeurs b_i acheminées par ces sous-porteuses MEDLEY supplémentaires sont uniquement déterminées par le VTU-R.

Tableau A.14 – Sous-champ des paramètres concernant les bandes de sous-porteuses dans une commande TIGAVRESP

Paramètre	Longueur (octets)	Définition
i_{start}	2	Indice de début de sous-porteuse de bande TIGAVRESP (i_{start}), représenté par un entier non signé de 16 bits.
i_{stop}	2	Indice de fin de sous-porteuse de bande TIGAVRESP (i_{stop}), représenté par un entier non signé de 16 bits.
b_i	ceil($N_b / 2$) (note)	Ce champ contient N_b TIGAVRESP paramètres b_i (voir Tableau A.15) pour les sous-porteuses portant les indices i_{start} à i_{stop} , dans l'ordre croissant des indices.
NOTE – $N_b = i_{stop} - i_{start} + 1$.		

Tableau A.15 – Format du paramètre b_i dans une commande TIGAVRESP

Bit	Longueur (bits)	Paramètre (voir Notes 1, 2 et 3)	Format
3-0	4	b_i (de la sous-porteuse k)	Entier non signé dans la fourchette [0:15]
7-4	4	b_i (de la sous-porteuse $k+1$)	Entier non signé dans la fourchette [0:15]
NOTE 1 – Les valeurs de b_i pour les sous-porteuses qui se trouvent dans la fourchette indiquée (c'est-à-dire de i_{start} à i_{stop}) mais ne font pas partie de l'ensemble MEDLEY doivent être intégrées. Elles doivent être fixées à zéro par l'émetteur et être ignorées par le récepteur.			
NOTE 2 – Les valeurs de b_i doivent être transmises dans l'ordre croissant des indices de sous-porteuse.			
NOTE 3 – Si la valeur de N_b est impaire, les bits 7-4 des paramètres b_i associés à l'indice de sous-porteuse le plus élevé doivent être fixés à 0000 ₂ .			

A.6.1.3 Interpolation des valeurs de r_i

Pour toute bande TIGAV n ($n = 1$ à N_{sct}), le VTU-R devrait calculer les valeurs de r_i sur toutes les sous-porteuses actives entre $i_{start}(n)$ et $i_{stop}(n)$ (incluses) en effectuant une interpolation linéaire entre les valeurs de r_i pour les indices de sous-porteuse de commande communiqués dans le message TIGAV. L'interpolation linéaire doit être effectuée sur une échelle linéaire sur l'axe des valeurs de r_i comme sur l'axe des indices.

NOTE 1 – La VCE devrait choisir les valeurs de r_i d'une commande TIGAV de telle sorte que l'interpolation linéaire au niveau du VTU-R produise en sortie les valeurs souhaitées sur des sous-porteuses actives intermédiaires. Cette méthode de définition des valeurs de r_i (points de commande) dépend du fournisseur de la VCE.

NOTE 2 – Les indices i_{start} et i_{stop} peuvent tomber sur une sous-porteuse inactive. Pour les indices i_{start} et i_{stop} d'une commande TIGAV, la VCE devrait choisir des valeurs de r_i telles que l'interpolation linéaire au niveau du VTU-R produise en sortie les valeurs souhaitées sur des sous-porteuses actives intermédiaires.

NOTE 3 – Le VTU-R a connaissance des sous-porteuses inactives comprises dans une commande TIGAV. Elle n'a pas besoin de calculer l'interpolation sur ces sous-porteuses.

A.6.2 Procédure TIGAV

Le VTU-O ne doit pas lancer de procédure TIGAV si une procédure de conservation de la phase active (SOS) de type 4 ou 6 est en cours.

L'échange entre les VTU associés à la procédure TIGAV est illustré dans la Figure A.1 et se définit de la manière suivante:

- 1) Sur instruction de la VCE via l'interface ε_m , le VTU-O doit lancer une procédure TIGAV en envoyant une demande OLR de type 7. Une commande TIGAV peut être segmentée. Après avoir envoyé le dernier segment de la commande TIGAV, le VTU-O peut s'attendre à recevoir, dans les 100 ms suivantes, une réponse TIGAV-ACK ou TIGAV-Reject. Le dernier segment de la commande TIGAV peut être répété si la réponse n'est pas arrivée dans le délai imparti.
 - a) Si le VTU-O reçoit une demande OLR de type 1, 3 ou 5 pendant ou après la transmission d'une demande OLR de type 7 et avant de recevoir une réponse, il doit rejeter cette demande OLR de type 1, 3 ou 5 (voir Note 1).
 - b) Si le VTU-O reçoit une demande OLR SOS de type 4 ou 6 pendant la procédure TIGAV, il doit mettre fin à cette procédure immédiatement et répondre à la demande OLR SOS.
 - c) Le VTU-O peut lancer une procédure de demande OLR SOS de type 4 ou 6 à tout moment après le début de la procédure TIGAV, mais avant la fin de celle-ci. L'envoi d'une demande SOS doit mettre fin à la procédure TIGAV (voir Notes 2 et 3).

NOTE 1 – Il peut arriver que pour accélérer le lancement de la procédure TIGAV, le VTU-O ignore une demande SRA en cours car la modification des paramètres de transmission implicite dans cette demande devra de toutes manières céder la priorité à la procédure TIGAV.

NOTE 2 – L'arrêt de la procédure TIGAV consécutive à une demande OLR SOS concerne uniquement la ligne par laquelle la demande SOS a été acheminée; les autres lignes du groupe vectoriel peuvent poursuivre leurs procédures TIGAV.

NOTE 3 – Le § 11.2.2 de [UIT-T G.993.2] prévoit la possibilité qu'un message de haute priorité mette fin à un message de faible priorité. Une procédure TIGAV est arrêtée par une demande SOS lorsqu'un message de haute priorité est annulé par un autre message de haute priorité; il s'agit donc d'une extension du § 11.2.2.

- 2) Une fois le dernier segment d'une commande TIGAV reçu, le VTU-R doit soit accuser réception de la commande TIGAV en envoyant une réponse TIGAV-ACK (voir Tableau A.7), soit rejeter la commande TIGAV en envoyant une réponse TIGAV-Reject accompagnée du code de cause correspondant.
 - a) À la réception du premier segment d'une commande TIGAV, le VTU-R doit rejeter toute commande OLR de type 1, 3 ou 5 en cours et ne doit pas lancer de demande OLR de type 1, 3 ou 5 avant que la procédure TIGAV ne soit achevée.
 - b) À la réception d'une demande OLR SOS de type 4 ou 6 envoyée par le VTU-O à tout moment pendant la procédure TIGAV, le VTU-R doit immédiatement mettre fin à la procédure TIGAV et répondre à la demande OLR SOS.
 - c) Le VTU-R peut lancer une procédure de demande OLR SOS de type 4 ou 6 à tout moment après le lancement de la commande TIGAV, mais avant le début de l'envoi du dernier segment de la réponse TIGAVRESP. Les modifications de la charge de bits contenue dans la demande SOS doivent être appliquées au tableau de chargement des bits actif au moment considéré (il faut donc ignorer la charge de bits envoyée dans la commande TIGAV). La demande SOS qui a été lancée met fin à la procédure TIGAV. Le VTU-O doit répondre à la demande OLR SOS en envoyant un fanion SYNC FLAG.
 - d) Le VTU-R ne doit pas lancer de procédure de demande OLR SOS de type 4 ou 6 après le début de l'envoi du dernier segment de la réponse TIGAVRESP et jusqu'à la fin de la procédure TIGAV.

- 3) Dans les 300 ms après l'envoi de la réponse TIGAV-ACK, le VTU-R doit envoyer une commande TIGAVRESP. Cette commande peut être segmentée. Après avoir envoyé le dernier segment de la commande TIGAVRESP, et pendant les 100 ms qui suivent, le VTU-R peut s'attendre à recevoir une réponse TIGAVRESP-ACK ou TIGAVRESP-Reject. Si le dernier segment de la commande TIGAVRESP n'est pas arrivé dans le délai imparti, le VTU-R doit le répéter. Une fois la réponse TIGAV-Reject envoyée, le VTU-R doit sortir de la procédure TIGAV.
- 4) Dès réception de la réponse TIGAV-ACK, le VTU-O doit s'attendre à recevoir le premier segment de la commande TIGAVRESP. Il doit soit accuser réception du dernier segment de la commande TIGAVRESP en envoyant une réponse TIGAVRESP-ACK, soit rejeter la commande TIGAVRESP en envoyant une réponse TIGAVRESP-Reject accompagnée du code de cause correspondant. Après avoir envoyé la réponse TIGAVRESP, le VTU-O doit envoyer le schéma TIGAV-SYNCHRO au moment déterminé par la VCE. Une fois la réponse TIGAVRESP-Reject envoyée, le VTU-O doit sortir de la procédure TIGAV.

NOTE 4 – Le schéma TIGAV-SYNCHRO doit être envoyé simultanément sur toutes les lignes pertinentes du groupe vectoriel. À cette fin, la VCE doit recevoir la commande TIGAVRESP de toutes les lignes du groupe vectoriel avant d'envoyer le schéma TIGAV-SYNCHRO. Ces actions doivent être effectuées avant l'expiration du délai global imparti à la procédure TIGAV.

- 5) À la réception d'une réponse TIGAV-Reject, le VTU-O doit sortir de la procédure TIGAV. Il peut lancer immédiatement une nouvelle procédure TIGAV en envoyant une nouvelle commande TIGAV.
- 6) À la réception d'une réponse TIGAVRESP-Reject, le VTU-R doit envoyer une nouvelle commande TIGAVRESP. Si le rejet persiste, il doit sortir de la procédure TIGAV.
- 7) En commençant par le premier symbole suivant le schéma TIGAV-SYNCHRO, le VTU-O et le VTU-R doivent tous deux appliquer de manière synchrone le facteur de compensation de gain relatif indiqué dans la commande TIGAV et la charge de bits indiquée dans la commande TIGAVRESP. La chronologie des modifications des paramètres de tramage doit être conforme aux dispositions du § C.4 de [UIT-T G.998.4].
- 8) Le délai imparti à la procédure parvient à expiration si le schéma TIGAV-SYNCHRO n'a pas été reçu dans les 4 secondes après que le VTU-R a envoyé la réponse TIGAV-ACK. Si tel est le cas, le VTU-R doit alors sortir de la procédure TIGAV.

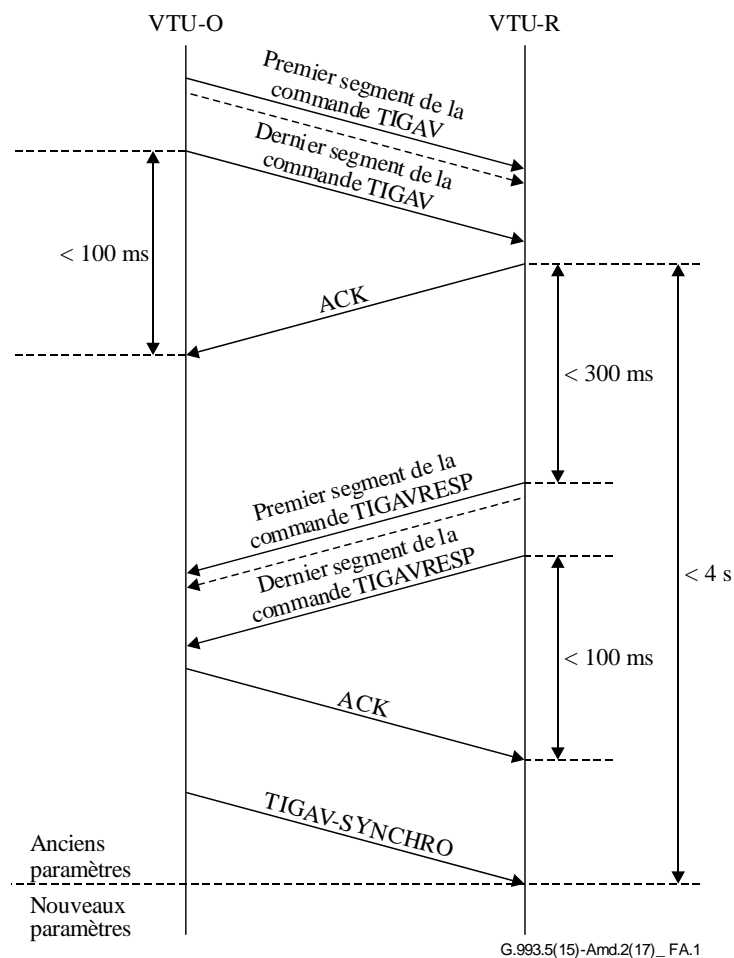


Figure A.1 – Chronogramme de la procédure TIGAV

NOTE 5 – La Figure A.1 ne montre pas le cas d'un rejet de la commande TIGAV ni celui d'un rejet de la commande TIGAVRESP.

A.6.2.1 Définition d'un schéma TIGAV-SYNCHRO

Un schéma TIGAV-SYNCHRO est composé d'un symbole de synchronisation dont les tonalités de fanion sont inversées (et qui est transmis à la fin de la supertrame, à la position du symbole de synchronisation, voir Figure 10-2 de [UIT-T G.993.2]) suivi d'un schéma de 9 symboles de synchronisation dont les tonalités de fanion ne sont pas inversées (et qui est transmis aux 9 premières positions de symbole dans la supertrame suivante).

Le symbole de synchronisation est défini au § 10.2 de [UIT-T G.993.2].

A.6.2.2 Application de la modification de gain de la commande TIGAV par le VTU-R

Pour appliquer le facteur de compensation de gain relatif (r_i) indiqué dans la commande TIGAV, il convient d'appliquer les règles suivantes:

- Pour les sous-porteuses dont la valeur $r_i \neq 0$, le VTU-R doit multiplier les paramètres de l'étage de gain en cours dans le récepteur par la valeur (r_i) pour toute sous-porteuse i dont la valeur $g_i > 0$:

$$new_gainstage_i = current_gainstage_i \times r_i$$

NOTE – Ce réglage a pour but d'aider le VTU-R à faire en sorte que le gain de récepteur reste adapté après une mise à jour du précodeur.

- Pour les sous-porteuses dont la valeur $r_i = 0$, le VTU-R doit régler son gain de récepteur à une valeur non nulle qui dépend du fournisseur.

A.6.2.3 Commande TIGAV de relation et SRA autonomes ultérieures en aval

Une adaptation de débit transparente (SRA) autonome demandée par le VTU-R après réception d'une commande TIGAV doit avoir des valeurs de charge de bits b_i qui doivent être inférieures ou égales aux valeurs b_i demandées dans le dernier message TIGAV précédant cette SRA.

A.7 Modifications du corps du texte liées à la MREFPSD

A.7.1 Définitions (remplace les § 3.31 et 3.32 de [UIT-T G.993.2])

3.31 PSD de référence MEDLEY (MREFPSD): La MREFPSD dans les sens aval et amont est respectivement notée MREFPSD_{ds} et MREFPSD_{us}. MREFPSD_{us} est la densité spectrale de puissance (PSD) des signaux émis par un VTU-R sur chaque fréquence (c'est-à-dire à la fois dans la bande passante et dans les bandes affaiblies) pendant la phase d'entraînement et les phases d'analyse de canal et d'échange de l'initialisation. MREFPSD_{ds} est la densité spectrale de puissance des signaux émis par un VTU-O sur chaque fréquence (c'est-à-dire à la fois dans la bande passante et dans les bandes affaiblies) uniquement pendant la phase d'entraînement.

NOTE – Dans la présente Recommandation, et notamment dans la présente Annexe, MREFPSD_{ds} désigne la densité spectrale de puissance en émission (TXPSD) du VTU-O uniquement dans le signal direct, sans les signaux de précompensation. En revanche, dans [b-UIT-T G.9701], MREFPSD_{ds} désigne la TXPSD du VTU-O dans le signal total à l'interface U, y compris dans les signaux de précompensation.

3.32 Gabarit de PSD de référence MEDLEY: Le gabarit de PSD de référence MEDLEY est le gabarit de PSD émise limité à chaque fréquence (c'est-à-dire à la fois dans la bande passante et dans les bandes affaiblies) par la PSD plafond, et limité à -80 dBm/Hz aux fréquences correspondant aux bandes RFI désignées. Dans le sens amont, le gabarit de PSD de référence MEDLEY est réduit encore davantage en raison des prescriptions de réduction de puissance en amont (UPBO). Les gabarits de PSD de référence MEDLEY dans les sens aval et amont sont notés respectivement MREFMASK_{ds} et MREFMASK_{us}.

A.7.2 Puissance nominale totale d'émission (NOMATP) (remplace le § 10.3.4.2.1 de [UIT-T G.993.2])

NOTE – Sauf indication contraire, les références figurant dans le présent paragraphe renvoient à [UIT-T G.993.2].

La puissance nominale totale d'émission dans le sens amont (NOMATP_{us}) doit être calculée aussi bien du côté du VTU-R que du côté du VTU-O, conformément au § 10.3.4.2.1 de [UIT-T G.993.2].

Du côté du VTU-R, la puissance nominale totale d'émission dans le sens aval (NOMATP_{ds}) doit être calculée conformément aux dispositions du § 10.3.4.2.1 de [UIT-T G.993.2]. Les paramètres de g_i doivent être fixés par le VTU-R de telle sorte que la valeur de cette NOMATP_{ds} (telle que définie par le VTU-R) ne soit pas supérieure au paramètre MAXNOMATP_{ds} de la base CO-MIB. Du côté du VTU-O, la puissance nominale totale d'émission dans le sens aval (NOMATP_{ds}) est une estimation de la puissance totale fournie en sortie par la fonction PMD d'émission au point de référence U-O2 (défini dans la Figure 5-4 de [UIT-T G.993.2]) en dBm dans une impédance de terminaison de 100Ω .

La puissance nominale totale d'émission dans le sens aval (NOMATP_{ds}) doit être calculée par le VTU-O, en coopération avec la VCE, selon l'équation suivante:

$$NOMATP_{ds} = 10 \log_{10} (\sum_{i \in MEDLEY_{ds}} P_{Zi'})$$

où $P_{Zi'}$ est la puissance du signal émis total à la sortie du précodeur pour la sous-porteuse i , transmis à l'interface U-O, en milliWatts, en supposant que l'impédance d'entrée du réseau présente une résistance de 100Ω (voir Note 1).

NOTE 1 – Dans les mises en œuvre réelles, l'impédance d'entrée du réseau ou de la boucle peut présenter une résistance qui dévie de 100Ω .

NOTE 2 – NOMATPds comprend le signal direct ainsi que les signaux de compensation du précodeur.

Le VTU-O doit s'assurer, en coopération avec la VCE, que la valeur de NOMATPds ne soit pas supérieure au paramètre MAXNOMATPds de la base CO-MIB.

NOTE 3 – La définition de NOMATPds diffère selon que l'on se trouve du côté du VTU-R ou du VTU-O. Du côté du VTU-R, cette définition est identique à celle de [UIT-T G.993.2], et le calcul de g_i reste inchangé pour le VTU-R. Du côté du VTU-O, cette définition diffère de celle de [UIT-T G.993.2].

La puissance totale fournie en sortie par la fonction PMD d'émission au point de référence U-O2 en dBm dans une impédance de terminaison de 100 Ω ne doit pas dévier de plus de 1 dB de NOMATPds.

A.7.3 Formatage du spectre d'émission dans le domaine de fréquence (tss_i) (remplace le § 10.3.4.3 de [UIT-T G.993.2])

NOTE – Sauf indication contraire, les références figurant dans le présent paragraphe renvoient à [UIT-T G.993.2].

Le domaine de fréquence tss_i est destiné au formatage du spectre du domaine de fréquence aussi bien en amont qu'en aval. Les valeurs de tss_i dépendent du fournisseur mais doivent rester dans la fourchette de 0 à 1 (linéaire) en pas de $\frac{1}{1024}$. Les valeurs de tss_i doivent être établies de telle sorte

que la valeur de tss_i la plus élevée sur toutes les sous-porteuses soit 1. De plus petites valeurs de tss_i provoquent un affaiblissement, et la valeur $tss_i = 0$ correspond à une absence d'émission de puissance sur la sous-porteuse considérée. Si aucun formatage de spectre de domaine de fréquence n'est appliqué, les valeurs de tss_i doivent être égales à 1 pour toutes les sous-porteuses.

Les valeurs de tss_i en dB ($\log_{10} tss_i$) sont égales à $20 \times \log_{10}(tss_i)$ et doivent être converties en valeurs linéaires de tss_i au moyen de l'équation suivante:

$$tss_i = \frac{\text{Round} \left(1024 \times 10^{\frac{\log_{10} tss_i}{20}} \right)}{1024}$$

Les valeurs de tss_i pour un sens de transmission donné doivent être déterminées par le VTU émetteur et doivent être définies comme un ensemble de points d'inflexion $\{(i_1, \log_{10} tss_{i1}) \dots, (i_n, \log_{10} tss_{in})\}$, où i est l'indice de sous-porteuse. Cet ensemble doit être communiqué au VTU récepteur pendant la phase de découverte de canal de l'initialisation au moyen des messages O-PRM et R-PRM, selon les dispositions du § 12.3.3.2. Les VTU d'émission et réception doivent tous deux déduire les valeurs de tss_i pour les sous-porteuses entre les points d'inflexion au moyen d'une interpolation linéaire des valeurs de $\log_{10} tss_i$ définies sur l'échelle linéaire des indices de sous-porteuse. Le VTU récepteur doit attribuer des valeurs de tss_i égales à tss_{in} pour $i > i_n$, et égales à tss_{i1} pour $i < i_1$.

Les valeurs de tss_i obtenues ne sont pertinentes que pour les sous-porteuses qui sont réellement émises. Le récepteur doit ignorer les valeurs de tss_i qui sont reçues ou obtenues par interpolation pour les sous-porteuses qui ne sont pas utilisées pour l'émission ($Z_i = 0$, voir Tableau 10-4).

La précision combinée de l'interpolation linéaire des valeurs de $\log_{10} tss_i$ et de la conversion des valeurs tss_i linéaires doit être inférieure à un demi-LSB pour le format de représentation sur 10 bits des valeurs tss_i linéaires. Aucune erreur ne doit être introduite lorsque $\log_{10} tss_i$ est égal à 0 dB ou qu'il est interpolé entre des valeurs de $\log_{10} tss_i$ égales à 0 dB.

L'émetteur du VTU-O doit fixer les valeurs de tss_i de telle sorte qu'avant l'ajustement du gain (en supposant que $g_i = 1$), la PSD du signal émis, telle que mesurée dans l'impédance de référence à l'interface U, depuis le début de la phase d'entraînement et pour le reste de l'initialisation, ne dévie pas de plus de 1 dB des valeurs de MREFPSDds communiquées dans les messages O-PRM (paramètre "PSD de référence MEDLEY", voir § 12.3.3.2).

L'émetteur du VTU-R doit fixer les valeurs de t_{ss_i} de telle sorte qu'avant l'ajustement du gain (en supposant que $g_i = 1$), la PSD du signal émis, telle que mesurée dans l'impédance de référence à l'interface U, depuis le début de la phase d'entraînement et pour le reste de l'initialisation, ne dévie pas de plus de 1 dB des valeurs de MREFPSD_{us} communiquées dans les messages R-PRM (paramètre "PSD de référence MEDLEY", voir § 12.3.3.2).

Dès lors, les paramètres de t_{ss_i} doivent prendre en considération tout formatage de spectre supplémentaire causé par les filtres de domaine temporel et les filtres analogiques présents sur le trajet de transmission entre la sortie du modulateur et l'interface U.

A.7.4 Généralités (modifie le § 6.1 de [UIT-T G.993.5])

...

Dans le cadre de la matrice de canaux ou de manière séparée, la VCE doit régler le précodeur de telle sorte que les signaux émis par celui-ci en sortie (valeurs Z' indiquées dans la Figure 6-1) ne provoquent pas, au point de référence U-O2, de violation du gabarit MREFMASK, même pour les valeurs g_i reconnues les plus élevées (soit $g_i = +2,5$ dB) pour toutes les lignes du groupe vectoriel.

A.7.5 Résumé des PSD et des gabarits de PSD (modifie le § 7.2.3 de [UIT-T G.993.2])

NOTE – Sauf indication contraire, les références figurant dans le présent paragraphe renvoient [UIT-T G.993.2].

...

Tableau 7-5 – Résumé: détermination et utilisation des PSD et des gabarits de PSD

Paramètre	Moment de la détermination	Moment de la communication entre les VTU (note)	Moment de l'utilisation
Gabarit de PSD de référence MEDLEY (MREFMASK)	À la fin de la phase de découverte de canal; le VTU-O détermine MREFMASK _{ds} , le VTU-R détermine MREFMASK _{us}	Non communiqué	Depuis le début de la phase d'entraînement, puis pendant l'initialisation et la phase active
PSD de référence MEDLEY en aval (MREFPSD _{ds})	À la fin de la phase de découverte de canal; le VTU-O détermine MREFPSD _{ds}	MREFPSD _{ds} est envoyée par le VTU-O au VTU-R dans le message O-PRM	Pendant la phase d'entraînement
PSD de référence MEDLEY en amont (MREFPSD _{us})	À la fin de la phase de découverte de canal; le VTU-R détermine MREFPSD _{us}	MREFPSD _{us} est envoyée par le VTU-R au VTU-O dans le message R-PRM	Pendant la phase d'entraînement et la phase d'analyse de canal et d'échange
PSD de la phase active	À la fin de la phase d'analyse de canal et d'échange	Déterminée par la PSD de la phase d'analyse de canal et d'échange et les valeurs de gain (g_i) communiquées pendant la phase d'analyse de canal et d'échange (messages O-PMD et R-PMD). Ne doit pas être supérieure à MREFMASK.	Pendant la phase active
NOTE – Seul l'ensemble minimum des paramètres pertinents de caractérisation des PSD et des gabarits de PSD est communiqué pendant l'initialisation. Les protocoles et formats de communication sont décrits au § 12.			

A.7.6 Fonction de caractéristiques de canal par groupe de sous-porteuses (CCF-ps) (modifiée § 11.4.1.1.1 de [UIT-T G.993.2])

NOTE – Sauf indication contraire, les références figurant dans le présent paragraphe renvoient à [UIT-T G.993.2].

...

La mesure d'une fonction de caractéristiques de canal est le résultat de trois fonctions exécutées en cascade:

- la fonction de caractéristiques de filtre d'émission;
- la fonction de caractéristiques de canal; et
- la fonction de caractéristiques de filtre de réception.

NOTE 1 – La fonction de caractéristiques de canal correspond à la fonction $H_{\text{channel}}(f)$ utilisée dans la définition de la diaphonie à l'extrémité distante (voir le § 7.4.1 de [UIT-T G.996.1]).

L'objectif est de fournir les moyens par lesquels les caractéristiques de canal peuvent être déterminées de façon précise. Il est donc nécessaire que la fonction PMD de réception transmette une estimation des caractéristiques de canal. Cette tâche peut se révéler difficile étant donné que la fonction PMD de réception n'observe que la cascade des trois éléments de canal. La partie bande passante de la fonction $H(f)$ transmise, qui est la plus importante pour corriger d'éventuels problèmes dans la boucle physique, n'est pas censée dépendre de façon notable des caractéristiques de filtre de réception (si l'on exclut la commande adaptative de gain (AGC) du récepteur). La fonction PMD de réception doit donc inverser l'AGC qu'elle a appliqué au signal reçu et s'efforcer d'effacer les effets des caractéristiques de filtre de réception de l'extrémité proche. Le résultat est alors une estimation au mieux de la façon dont le récepteur voit les caractéristiques de canal de la bande passante et les caractéristiques de filtre d'émission. Comme la partie du spectre comprise dans la bande n'est pas non plus censée dépendre de façon notable des caractéristiques de filtre d'émission, ce résultat est considéré comme une estimation suffisante des caractéristiques de canal pour les applications d'entraînement de la boucle souhaitées.

Deux formats de caractéristiques de canal sont définis:

- $H_{\text{lin}}(f)$: format fournissant des valeurs complexes sur une échelle linéaire; et
- $H_{\text{log}}(f)$: format fournissant des valeurs de magnitude sur une échelle logarithmique en base 10.

Pour le format $H_{\text{log}}(f)$, la fonction PMD de réception doit aussi utiliser la valeur de la PSD à l'interface U de la fonction PMD d'émission (telle que transportée dans les messages pendant l'initialisation) pour effacer l'effet des caractéristiques de filtre d'émission à l'extrémité distante.

NOTE 2 – Le format H_{log} tient compte de l'effet des signaux de précompensation liés à la ligne considérée et envoyés sur les autres lignes du groupe vectoriel qui se trouvent dans l'état de liaison L0.

Pour le format $H_{\text{lin}}(f)$, si les caractéristiques de canal sont transmises sur l'interface OAM du VTU-O (voir la Figure 5-3), celui-ci doit s'efforcer d'effacer l'effet des caractéristiques de filtre d'émission à l'extrémité proche des caractéristiques de canal mesurées au niveau du VTU-R. Si les caractéristiques de canal sont transmises par l'interface OAM du VTU-R, celui-ci doit s'efforcer d'effacer l'effet des caractéristiques de filtre d'émission à l'extrémité proche des caractéristiques de canal mesurées au niveau du VTU-O.

NOTE 3 – Le format H_{lin} tient compte de l'effet des signaux de précompensation liés à la ligne considérée et envoyés sur les autres lignes du groupe vectoriel qui se trouvent dans l'état de liaison L0.

Le format $H_{\text{lin}}(f)$ doit être envoyé à la VME à l'extrémité distante pendant le mode diagnostic de boucle, et doit être envoyé à la demande à la VME à l'extrémité proche pendant le mode diagnostic de boucle.

...

A.7.7 Commandes de lecture des paramètres d'essai de PMD et réponses (remplace le § 11.2.3.11 de [UIT-T G.993.2])

NOTE – Les marques de révision figurant dans le présent paragraphe indiquent les modifications apportées au § 11.2.3.11 de [UIT-T G.993.2].

Sauf indication contraire, les références figurant dans ce paragraphe renvoient à [UIT-T G.993.2].

Les commandes de lecture des paramètres d'essai de PMD doivent être utilisées pour obtenir les valeurs des paramètres d'essai de PMD qui sont définies au § 11.4.1 et qui sont tenues à jour par le VTU à l'extrémité distante. Ces commandes, qui sont indiquées dans le Tableau 11-26, peuvent être initialisées par l'un ou l'autre des VTU. Les réponses doivent être conformes aux indications du Tableau 11-27. Le premier octet de toutes les commandes de lecture des paramètres d'essai de PMD et de leurs réponses doit être la valeur attribuée au type de ces commandes de lecture, conformément au Tableau 11-5. Les octets suivants des commandes doivent être conformes au Tableau 11-26. Les octets suivants des réponses doivent être conformes au Tableau 11-27. Les octets doivent être envoyés au format décrit au § 11.2.3.1.

Tableau 11-26 – Commandes de lecture des paramètres d'essai de PMD envoyées par le VTU demandeur

Nom	Longueur (octets)	Numéro d'octet	Contenu	Prise en charge
<i>Single Read</i> (Lecture unique)	2	2	01 ₁₆ (Note 1)	Obligatoire
<i>Next Multiple Read</i> (Prochaine lecture multiple)	2	2	03 ₁₆ (Note 1)	Obligatoire
<i>Multiple Read</i> (Lecture multiple)	4	2	04 ₁₆ (Note 1)	Obligatoire
		3 à 4	2 octets décrivant l'indice du groupe de sous-porteuses	
<i>Block Read</i> (Lecture de bloc)	6	2	05 ₁₆ (Note 1)	Obligatoire
		3 à 4	2 octets décrivant l'indice de début du groupe de sous-porteuses	
		5 à 6	2 octets décrivant l'indice de fin du groupe de sous-porteuses	
<i>Vector Block Read</i> (Lecture de bloc vectoriel)	7	2	06 ₁₆ (Note 1)	Facultative
		3	1 octet décrivant le type de paramètres d'essai à lire (Note 2) 01 ₁₆ : Fonction de transfert de canal $Hlog(f)$ par groupe de sous-porteuses 03 ₁₆ : PSD du bruit sur ligne au repos $QLN(f)$ par groupe de sous-porteuses 04 ₁₆ : Rapport signal/bruit $SNR(f)$ par groupe de sous-porteuses	
		4 à 5	2 octets décrivant l'indice de début du groupe de sous-porteuses	
		6 à 7	2 octets décrivant l'indice de fin du groupe de sous-porteuses	

Tableau 11-26 – Commandes de lecture des paramètres d'essai de PMD envoyées par le VTU demandeur

Nom	Longueur (octets)	Numéro d'octet	Contenu	Prise en charge
<i>Scalar Read</i> (Lecture scalaire)	3	2	07 ₁₆ (Note 1)	Facultative
		3	1 octet décrivant le type de paramètres d'essai scalaire à lire (Note 2) 21 ₁₆ to 28 ₁₆ : Indices des paramètres à lire conformément à l'identifiant du Tableau 11-28	
<u>SATN for G.993.5 Annex A</u> (Affaiblissement de signal (SATN) selon l'Annexe A de la Rec. G.993.5)	12	2	08 ₁₆ (Note 1)	<u>Obligatoire</u>
		3 à 12	<u>Cinq valeurs sur 2 octets pour TXpower dBm D(m) pour 5 bandes en aval potentiellement disponibles</u>	
NOTE 1 – Toutes les autres valeurs de l'octet numéro 2 sont réservées par l'UIT-T.				
NOTE 2 – Toutes les autres valeurs de l'octet numéro 3 sont réservées par l'UIT-T.				

Tableau 11-27 – Réponses à la lecture des paramètres d'essai de PMD envoyées par le VTU répondant

Nom	Longueur (octets)	Numéro d'octet	Contenu	Prise en charge
<i>Single Read ACK</i> (Accusé de lecture unique)	42 (Note 1)	2	81 ₁₆ (Note 2)	Obligatoire
		3 à 42	Octets des paramètres d'essai disposés selon le format de lecture unique	
<i>Multiple Read ACK</i> (Accusé de lecture multiple)	12 (Note 1)	2	82 ₁₆ (Note 2)	Obligatoire
		3 à 12	Octets des paramètres d'essai disposés selon le format de lecture multiple	
<i>NACK</i> (Accusé de non-réception)	2	2	80 ₁₆ (Note 2)	Obligatoire
<i>Block Read ACK</i> (Accusé de lecture de bloc)	Dépend des paramètres (Note 1)	2	84 ₁₆ (Note 2)	Obligatoire
		3 +	Octets des paramètres d'essai disposés selon le format de lecture de bloc	
<i>Vector Block Read ACK</i> (Accusé de lecture de bloc vectoriel)	Dépend des paramètres (Note 1)	2	86 ₁₆ (Note 2)	Facultative
		3 +	Octets des paramètres d'essai disposés selon le format de lecture de bloc	
<i>Scalar Read ACK</i> (Accusé de lecture scalaire)	Dépend des paramètres (Note 1)	2	87 ₁₆ (Note 2)	Facultative
		3 +	Octets des paramètres d'essai disposés selon le format de lecture scalaire	
<u><i>SATN for G.993.5 Annex A ACK</i></u> (Accusé d'affaiblissement de signal (SATN) selon l'Annexe A de la Rec. G.993.5)	12 (Note 1)	<u>2</u>	<u>88₁₆ (Note 2)</u>	<u>Obligatoire</u>
		<u>3 à 12</u>	<u>Octets du SATN disposés selon le format de lecture scalaire</u>	
NOTE 1 – La longueur de message est égale à deux octets plus la longueur indiquée dans le Tableau 11-28.				
NOTE 2 – Toutes les autres valeurs de l'octet numéro 2 sont réservées par l'UIT-T.				

Tableau 11-28 – Valeurs d'identifiant et longueur des réponses des paramètres d'essai de PMD

Identifiant du paramètre d'essai (Note 1)	Nom du paramètre d'essai	Longueur pour la lecture unique (octets)	Longueur pour la lecture multiple (octets)	Longueur pour la lecture de bloc ou la lecture de bloc vectoriel (octets)	Longueur pour la lecture scalaire (octets)	Prise en charge
01 ₁₆	Fonction de transfert de canal Hlog(<i>f</i>) par groupe de sous-porteuses	N.D.	4	2 + (indice de fin de groupe de sous-porteuses – indice de début de groupe de sous-porteuses + 1) × 2 (Note 2)	N.D.	Obligatoire
03 ₁₆	PSD de bruit sur ligne au repos QLN(<i>f</i>) par groupe de sous-porteuses	N.D.	3	2 + (indice de fin de groupe de sous-porteuses – indice de début de groupe de sous-porteuses + 1) (Note 2)	N.D.	Obligatoire
04 ₁₆	Rapport signal sur bruit SNR(<i>f</i>) par groupe de sous-porteuses	N.D.	3	2 + (indice de fin de groupe de sous-porteuses – indice de début de groupe de sous-porteuses + 1) (Note 2)	N.D.	Obligatoire
21 ₁₆	Affaiblissement de boucle LATN	2 × 5	N.D.	N.D.	2 × 5	Obligatoire
22 ₁₆	Affaiblissement de signal SATN	2 × 5	N.D.	N.D.	2 × 5	Obligatoire
23 ₁₆	Marge de rapport signal sur bruit SNRM et SNRM-pb	2 × 6	N.D.	N.D.	2 × 6	Obligatoire
24 ₁₆	Débit de données net atteignable ATTNDR (méthode de base)	4	N.D.	N.D.	4	Obligatoire

Tableau 11-28 – Valeurs d'identifiant et longueur des réponses des paramètres d'essai de PMD

Identifiant du paramètre d'essai (Note 1)	Nom du paramètre d'essai	Longueur pour la lecture unique (octets)	Longueur pour la lecture multiple (octets)	Longueur pour la lecture de bloc ou la lecture de bloc vectoriel (octets)	Longueur pour la lecture scalaire (octets)	Prise en charge
24 ₁₆	Débit de données net atteignable ATTNDR (méthode améliorée)	8	N.D.	N.D.	8	Facultative
25 ₁₆	Puissance d'émission agrégée réelle à l'extrémité proche ACTATP	2	N.D.	N.D.	2	Obligatoire
26 ₁₆	Puissance d'émission agrégée réelle à l'extrémité distante ACTATP	2	N.D.	N.D.	2	Obligatoire
27 ₁₆	Protection contre le bruit impulsionnel réel à l'extrémité distante INP_act	N.D.	N.D.	N.D.	2	Facultative
28 ₁₆	Marge de rapport signal sur bruit réelle à l'extrémité distante pour le canal de service robuste SNRM-ROC	N.D.	N.D.	N.D.	2	Facultative

NOTE 1 – Toutes les autres valeurs d'identifiant du paramètre d'essai sont réservées par l'UIT-T.

NOTE 2 – Comme le nombre de sous-porteuses G dans le groupe de sous-porteuses (voir § 11.4.1) peut être différent pour QLN, Hlog, et SNR, les valeurs de QLN, Hlog, et SNR communiquées lors d'une lecture multiple, une lecture de bloc ou une lecture de bloc vectoriel pour un même indice de groupe de sous-porteuses peuvent correspondre à différents indices de sous-porteuse. L'indice de sous-porteuse de chaque paramètre est égal à $G \times$ indice de groupe de sous-porteuses, la valeur de G étant définie dans le Tableau 11-42 du § 11.4.1 (pour la phase active) et l'indice de groupe de sous-porteuses allant de 0 à 511.

À réception d'une commande de lecture des paramètres d'essai de PMD, le VTU répondant doit envoyer la réponse correspondante. Si le format de la commande est incorrect, le VTU doit répondre par un accusé de non-réception (NACK). Aucune fonction du VTU demandeur ou répondant ne doit être modifiée.

La commande de lecture unique doit être utilisée pour obtenir tous les paramètres d'essai ayant des valeurs d'identifiant de 21_{16} à 26_{16} inclus. En réponse à une commande de lecture unique, les valeurs destinées aux paramètres d'essai (une valeur par paramètre) doivent être transférées dans l'ordre numériquement croissant d'identifiant de paramètre indiqué au Tableau 11-28. Le format des octets de chaque paramètre doit être conforme aux spécifications du § 11.4.1. Les valeurs réparties sur plusieurs octets doivent être mappées dans la réponse dans l'ordre de l'octet de plus fort poids à l'octet de plus faible poids. Les formats de LATN, SATN et SNRM doivent inclure cinq valeurs sur deux octets destinées à cinq bandes de fréquences potentiellement disponibles dans chaque sens de transmission. Les valeurs sur deux octets doivent être envoyées dans l'ordre indiqué au Tableau 11-29. La valeur 00_{16} doit servir à désigner les bandes désactivées. Les octets indiqués comme réservés doivent être mis à ZÉRO dans l'émetteur et être ignorés par le récepteur. Le paramètre d'essai SNRM doit, en plus de toutes les valeurs de SNRM-pb (§ 11.4.1.1.6.3), comprendre la valeur de SNRM global (§ 11.4.1.1.6.2). La première valeur sur deux octets est le SNRM global, suivie par les cinq valeurs sur deux octets de la SNRM-pb, conformément au Tableau 11-29. En ce qui concerne le débit de données net atteignable (ATTNDR), l'emploi de la méthode de base ou de la méthode améliorée est configuré pendant l'initialisation (voir § 11.4.1.1.7). Le paramètre d'essai de l'ATTNDR est défini dans le Tableau 11-30.

Si le VTU-R fonctionne conformément à l'Annexe A de [UIT-T G.993.5], sa réponse à une commande de lecture scalaire pour le format SATN ou à une commande de lecture unique doit contenir des valeurs SATN égales à 1023, qui est une valeur particulière. Le VTU-O doit ignorer cette valeur (c'est-à-dire que la VME ne doit pas communiquer cette valeur à l'EIA pour qu'elle soit stockée en tant qu'objet SATNds dans la base CO-MIB).

Tableau 11-29 – Ordre d'envoi des paramètres LATN, SATN et SNRM-pb

Numéro d'octet	Sens amont	Sens aval
1	US0	DS1
2		
3	US1	DS2
4		
5	US2	DS3
6		
7	US3	DS4
8		
9	US4	Réservé
10		

Tableau 11-30 – Paramètre d'essai ATTNDR

Numéro d'octet	Méthode de base	Méthode améliorée
1-4	<i>ATTNDR</i>	<i>ATTNDR</i>
5	N.D.	Réservé et fixé à 00 ₁₆
6	N.D.	<i>ATTNDR_INP_act₀</i>
7	N.D.	Réservé et fixé à 00 ₁₆
8	N.D.	<i>ATTNDR_delay_act₀</i>
NOTE – Le format des champs est défini au § 11.4.1.1.7.		

Pour obtenir un paramètre d'essai unique, il faut employer une commande de lecture scalaire. La prise en charge de cette commande de lecture est facultative. L'identifiant du paramètre d'essai à obtenir doit être indiqué dans le troisième octet de la commande de lecture, conformément au Tableau 11-26. En réponse à la commande de lecture scalaire, le VTU doit envoyer la valeur du paramètre d'essai si elle prend en charge cette commande et le paramètre d'essai; dans le cas contraire, elle doit envoyer un message NACK. Le format des octets de chaque valeur des paramètres doit être conforme aux dispositions du § 11.4.1. Les valeurs réparties sur plusieurs octets doivent être mappées dans la réponse dans l'ordre de l'octet de plus fort poids à l'octet de plus faible poids. Les formats de LATN, SATN, SNRM et ATTNDR doivent être identiques au format employé dans la commande de lecture unique. La protection contre le bruit impulsionnel réel à l'extrémité distante (ID = 27₁₆) doit comporter deux valeurs sur un octet et ses paramètres doivent être envoyés dans l'ordre indiqué dans le Tableau 11-31. La valeur FF₁₆ permet de signaler les supports désactivés.

Tableau 11-31 – Ordre d'envoi des paramètres de la protection contre le bruit impulsionnel réel à l'extrémité distante

Numéro d'octet	Paramètre
1	INP_act pour le canal support 0
2	INP_act pour le canal support 1

La commande "SATN for G.993.5 Annex A" (Affaiblissement de signal (SATN) selon l'Annexe A de [UIT-T G.993.5]) doit être employée pour obtenir le SATN lorsque le système fonctionne conformément à l'Annexe A de [UIT-T G.993.5]. Elle doit comporter cinq valeurs sur 2 octets pour TXpower dBm D(m) pour 5 bandes en aval potentiellement disponibles. Le format des octets de chaque paramètre doit être conforme aux dispositions du § 11.4.1.1.8 concernant la puissance d'émission agrégée réelle (ACTATP). Les valeurs réparties sur plusieurs octets doivent être mappées dans la réponse dans l'ordre de l'octet de plus fort poids à l'octet de plus faible poids. Les valeurs sur deux octets doivent être envoyées dans l'ordre indiqué dans le Tableau 11-29. La valeur 00₁₆ doit être utilisée pour indiquer les bandes désactivées. Les octets indiqués comme réservés doivent être mis à ZÉRO dans l'émetteur et être ignorés par le récepteur.

En réponse à une commande "SATN for G.993.5 Annex A" command, le VTU doit envoyer la valeur du SATN. Le format des octets de chaque paramètre doit être conforme aux dispositions du § 11.4.1. Les valeurs réparties sur plusieurs octets doivent être mappées dans la réponse dans l'ordre de l'octet de plus fort poids à l'octet de plus faible poids. Le format du SATN doit être identique à celui qui est employé dans la commande de lecture scalaire. Le VTU-O doit acheminer cette valeur pour qu'elle soit stockée en tant qu'objet SATNds dans la base CO-MIB.

Si le VTU-R détecte une commande TIGAV ou toute autre procédure OLR après la commande SATN et avant sa réponse, il doit répondre par la valeur 1023, qui est une valeur SATN spéciale. Le VTU-O doit acheminer cette valeur pour qu'elle soit stockée en tant qu'objet SATNds dans la base CO-MIB, puis doit relancer la commande SATN. Le délai imparti pour cette réinitialisation dépend du fournisseur.

Les commandes de lecture multiple et de prochaine lecture multiple doivent être utilisées pour obtenir les paramètres d'essai d'un groupe de sous-porteuses. En réponse à une commande de lecture multiple ou de prochaine lecture multiple, le VTU doit envoyer des informations pour les paramètres d'essai qui ont les identifiants 01_{16} , 03_{16} et 04_{16} et qui sont liés au groupe de sous-porteuses indiqué. La commande de lecture multiple contient l'indice du groupe de sous-porteuses demandé (voir Tableau 11-26). Si une commande de prochaine lecture multiple doit être envoyée, elle ne doit l'être qu'après une commande de lecture multiple. En réponse à chaque commande de prochaine lecture multiple suivante, l'indice du groupe de sous-porteuses doit être incrémenté de un. Si l'indice du groupe de sous-porteuses est supérieur à 511 (voir § 11.4.1), la réponse doit être un NACK. Les valeurs des paramètres de PMD par groupe de sous-porteuses doivent être insérées dans le message dans l'ordre numérique des identifiants de paramètre indiqué dans le Tableau 11-28. Le format des octets de chaque paramètre doit être conforme aux dispositions du § 11.4.1. Les valeurs qui sont réparties sur plusieurs octets doivent être mappées dans la réponse dans l'ordre de l'octet de plus fort poids à l'octet de plus faible poids.

Il faut employer une commande de lecture de bloc pour obtenir les paramètres d'essai sur une fourchette de groupes de sous-porteuses. En réponse à une commande de lecture de bloc, le VTU doit envoyer des informations pour tous les paramètres d'essai qui portent l'identifiant 01_{16} , 03_{16} , ou 04_{16} et qui sont associés au bloc de groupes de sous-porteuses spécifié. Pour les paramètres d'essai spécifiés par groupe de sous-porteuses, toutes les valeurs concernant les groupes de sous-porteuses et ayant des indices de #start à #stop sont transférées dans une seule réponse. Si l'indice du groupe de sous-porteuses est supérieur à 511, la réponse doit être un NACK. Les valeurs des paramètres de PMD par groupe de sous-porteuses doivent être insérées dans le message en ordre croissant des identifiants de paramètre conformément aux indications du Tableau 11-28. Le format des octets pour chaque valeur de paramètre doit être conforme à la description du § 11.4.1. Les valeurs réparties sur plusieurs octets doivent être mappées dans la réponse dans l'ordre de l'octet de plus fort poids à l'octet de plus faible poids. Le nombre d'octets dans une commande de lecture de bloc ne doit pas être supérieur à la longueur maximale P du message eoc indiquée au § 11.2.3.1.

Il faut employer une commande de lecture de bloc vectoriel pour obtenir un paramètre d'essai unique sur une fourchette de groupes de sous-porteuses. La prise en charge de cette commande de lecture est facultative. L'identifiant du paramètre d'essai recherché doit être indiqué dans le troisième octet de la commande de lecture, conformément au Tableau 11-26. En réponse à la commande de lecture de bloc vectoriel, le VTU doit envoyer des informations concernant les paramètres d'essai associés au bloc de groupes de sous-porteuses spécifié s'il prend en charge cette commande; dans le cas contraire, le VTU doit envoyer un NACK. Toutes les valeurs concernant les groupes de sous-porteuses ayant des indices de #start à #stop sont transférées dans une seule réponse. Si l'indice du groupe de sous-porteuses est supérieur à 511, la réponse doit être un NACK. Le format des octets pour chaque valeur de paramètre doit être conforme à la description du § 11.4.1. Les valeurs réparties sur plusieurs octets doivent être mappées dans la réponse dans l'ordre de l'octet de plus fort poids à l'octet de plus faible poids.

Lors du transfert des valeurs de la fonction de transfert de canal $Hlog(f)$, du bruit sur ligne au repos $QLN(f)$ et du rapport signal sur bruit $SNR(f)$, le temps de mesure doit être inclus dans la réponse pour chaque paramètre d'essai. L'ACK (voir Tableau 11-27) est suivi du temps de mesure de la fonction $Hlog(f)$ et de la valeur m (voir § 11.4.1.1.1), puis du temps de mesure de $QLN(f)$ et de la valeur n (voir § 11.4.1.1.2), et enfin du temps de mesure de $SNR(f)$ et de la valeur SNR (voir § 11.4.1.1.3). Le temps de mesure ne doit être inclus qu'une seule fois dans une réponse à une commande de lecture de bloc ou de lecture de bloc vectoriel, mais il doit être inclus pour chaque paramètre d'essai dans chaque réponse à une commande de lecture multiple ou une commande de prochaine lecture multiple.

Les valeurs de certains paramètres d'essai sont représentées en utilisant moins de bits que n'en contient le champ correspondant défini pour la réponse dans le Tableau 11-28. Si le champ a plus d'un octet, les bits doivent être mappés vers les LSB de ce champ à plusieurs octets. Les MSB inutilisés dans le champ à plusieurs octets doivent être mis à ZÉRO pour les quantités non signées et à la valeur du bit de signe pour les quantités signées.

A.7.8 Affaiblissement de signal par bande (SATN-pb) (remplace le § 11.4.1.1.5 de [UIT-T G.993.2])

L'affaiblissement de signal dans la même bande en aval est noté $SATN_D(m)$, et l'affaiblissement de signal dans la même bande en amont est noté $SATN_U(m)$.

Lorsque le système fonctionne conformément à l'Annexe A de la Recommandation UIT-T G.993.5, l'affaiblissement de signal de la même bande en amont, $SATN_U(m)$, doit être calculé conformément au texte principal du § 11.4.1.1.5 de cette Recommandation.

Lorsque le système fonctionne conformément à l'Annexe A de [UIT-T G.993.5], l'affaiblissement de signal de la même bande en aval, $SATN_D(m)$, est défini comme la différence en dB entre la puissance reçue à l'extrémité proche et la puissance d'émission à l'extrémité distante dans la même bande en aval.

Mathématiquement, cette relation s'exprime de la manière suivante:

$$SATN_D(m) = TXpower_dBm_D(m) - RXpower_dBm_D(m)$$

Pendant l'initialisation et le mode diagnostic de boucle, la puissance du signal reçue en dBm, $RXpower_dBm_D(m)$, doit être calculée en ajoutant la puissance de sous-porteuse reçue aux sous-porteuses de cette bande qui se trouvent dans l'ensemble MEDLEYds. Le VTU-R doit supposer que pendant la transmission du message O-P-MEDLEY, la PSD transmise pour les sous-porteuses de l'ensemble MEDLEYds est au niveau de MREFPSDds. Il faut alors affiner le réglage de la puissance de signal reçue au moyen des valeurs g_i pour chaque sous-porteuse de l'ensemble MEDLEYds pour estimer la puissance de signal qui sera reçue pendant la phase active.

Mathématiquement, cette relation s'exprime de la manière suivante:

$$RXpower_dB_m_D(m) = 10 \times \log_{10} \left(\sum_{i \in (MEDLEYds \cap DS(m))} \left(Received_subcarrier_power_mW(i) \times g_i^2 \right) \right)$$

Au cours de la phase active, la puissance de signal reçue en dBm, $RXpower_dBm_D(m)$, doit être calculée en ajoutant la puissance de sous-porteuse reçue aux sous-porteuses de cette bande qui se trouvent dans l'ensemble MEDLEYds.

Mathématiquement, cette relation s'exprime de la manière suivante:

$$RXpower_dB_m_D(m) = 10 \times \log_{10} \left(\sum_{i \in (MEDLEYds \cap DS(m))} \left(Received_subcarrier_power_mW(i) \right) \right)$$

Dans les deux équations, $MEDLEYds \cap DS(m)$ désigne toutes les sous-porteuses de l'ensemble MEDLEYds qui relèvent de la $m^{\text{ème}}$ bande en aval, $Received_subcarrier_power_mW$ est la puissance reçue sur la sous-porteuse i exprimée en milliwatts, et g_i est le gain (sur une échelle linéaire) de la sous-porteuse i .

Pour la valeur SATN déterminée pendant l'initialisation, il faut affiner le réglage de la puissance de signal reçue pour chaque sous-porteuse i de l'ensemble MEDLEYds en utilisant la valeur g_i acheminée dans les messages O-PMD (pour le sens amont) et R-PMD (pour le sens aval) pour estimer la puissance de signal qui sera reçue pendant la phase active. Pendant le mode diagnostic de boucle, ce réglage se limite à employer deux valeurs de g_i , à savoir 0 (pour les sous-porteuses auxquelles aucun bit ne peut être attribué) et 1 (pour les sous-porteuses auxquelles au moins un bit peut être attribué). Pour la valeur SATN déterminée pendant la phase active, la puissance de signal de sous-porteuse reçue doit rester celle qui a été mesurée.

Pour la valeur SATN déterminée pendant l'initialisation et le mode diagnostic de boucle, le VTU-R doit calculer $TXpower_dBm_D(m)$ en ajoutant la puissance d'émission agrégée aux sous-porteuses de cette bande qui se trouvent dans l'ensemble MEDLEYds. Elle doit supposer que pendant la transmission du message O-P-MEDLEY, la PSD transmise pour les sous-porteuses de l'ensemble MEDLEYds est au niveau de MREFPSDds. Il faut alors affiner le réglage de la puissance de signal reçue au moyen des valeurs g_i pour chaque sous-porteuse de l'ensemble MEDLEYds pour estimer la puissance de signal qui sera émise pendant la phase active.

Mathématiquement, cette relation s'exprime de la manière suivante:

$$TXpower_dBm_D(m) = 10 \times \log_{10} \Delta f + 10 \times \log_{10} \left(\sum_{i \in MEDLEYds \cap DS(m)} \left(10^{\frac{MREFPSD[i]}{10}} \times g_i^2 \right) \right)$$

où $MEDLEYds \cap DS(m)$ désigne toutes les sous-porteuses de l'ensemble MEDLEYds qui relèvent de la $m^{\text{ème}}$ bande en aval, $MREFPSD[i]$ est la valeur de MREFPSDds pour la sous-porteuse i en dBm/Hz telle qu'acheminée dans le message O-PRM, g_i est le gain (sur une échelle linéaire) de la sous-porteuse i et Δf est l'espacement de sous-porteuse en Hz.

Le VTU-O, en coopération avec la VCE, doit mettre à jour la valeur SATN en aval transmise par le VTU-R pendant l'initialisation en se servant des valeurs correctes de $TXpower_dBm_D(m)$. Ces valeurs doivent être calculées par le VTU-O, en coopération avec la VCE, en ajoutant la puissance d'émission agrégée aux sous-porteuses de cette bande qui se trouvent dans l'ensemble MEDLEYds, après avoir affiné son réglage au moyen des valeurs g_i pour chaque sous-porteuse de cet ensemble afin d'estimer la puissance de signal qui sera émise pendant la phase active.

Mathématiquement, cette relation s'exprime de la manière suivante:

$$TXpower_dBm_D(m) = 10 \log_{10} \left(\sum_{i \in (MEDLEYds \cap DS(m))} P_{direct_Zi'} \times g_i^2 \right)$$

où $MEDLEYds \cap DS(m)$ désigne toutes les sous-porteuses de l'ensemble MEDLEYds qui relèvent de la même bande en aval et $P_{direct_Zi'}$ est la puissance du signal direct à la sortie du précodeur pour la sous-porteuse i , pendant le message O-P-MEDLEY, transmise à l'interface U-O, en milliwatts, en supposant que l'impédance d'entrée du réseau présente une résistance de 100 Ω .

NOTE 1 – Dans les mises en œuvre réelles, l'impédance d'entrée du réseau ou de la boucle peut présenter une résistance qui dévie de 100 Ω .

NOTE 2 – Dans les mises en œuvre fondées sur une matrice de précodeurs P_i pour la sous-porteuse i , on peut calculer la puissance $P_{direct_Zi'}$ au moyen du coefficient diagonal de la matrice P_i , "diag(P_i)", par l'équation suivante:

$$P_{direct_Z_i}' = |diag(P_i)|^2 \times P_{Z_i} = \Delta f \times 10^{\frac{MREFPSD(i)}{10}} \times (|diag(P_i)|)^2 .$$

Pour la valeur SATN en aval déterminée pendant l'initialisation, il faut affiner le réglage de la puissance d'émission de signal pour chaque sous-porteuse i de l'ensemble MEDLEYds en utilisant la valeur g_i acheminée dans les messages R-PMD (pour le sens aval) pour estimer la puissance d'émission de signal pendant la phase active. Pendant le mode diagnostic de boucle, ce réglage se limite à employer deux valeurs de g_i , à savoir 0 (pour les sous-porteuses auxquelles aucun bit ne peut être attribué) et 1 (pour les sous-porteuses auxquelles au moins un bit peut être attribué).

Pour la valeur SATN en aval déterminée pendant la phase active, le VTU-R doit employer les valeurs de TXpower_dBm_D(m) communiquées par le VTU-O dans la demande de paramètres d'essai SATN. Ces valeurs doivent être calculées par le VTU-O, en coopération avec la VCE, en ajoutant la puissance d'émission agrégée aux sous-porteuses de cette bande qui se trouvent dans l'ensemble MEDLEYds. Au cours de la phase active, cette puissance tient déjà compte de l'effet des valeurs g_i .

Mathématiquement, cette relation s'exprime de la manière suivante:

$$TXpower_dBm_D(m) = 10 \log_{10} \left(\sum_{i \in (MEDLEYds \cap DS(m))} P_{direct_Z_i}' \right)$$

où $MEDLEYds \cap DS(m)$ désigne toutes les sous-porteuses de l'ensemble MEDLEYds qui relèvent de la $m^{\text{ème}}$ bande en aval et $P_{direct_Z_i}'$ est la puissance du signal direct à la sortie du précodeur pour la sous-porteuse i , pendant la phase active, transmise à l'interface U-O, en milliwatts, en supposant que l'impédance d'entrée du réseau présente une résistance de 100 Ω .

NOTE 3 – Dans les mises en œuvre réelles, l'impédance d'entrée du réseau ou de la boucle peut présenter une résistance qui dévie de 100 Ω .

NOTE 4 – Dans les mises en œuvre fondées sur une matrice de précodeurs P_i pour la sous-porteuse i , on peut calculer la puissance $P_{direct_Z_i}'$ au moyen du coefficient diagonal de la matrice P_i , "diag(P_i)", par l'équation suivante:

$$P_{direct_Z_i}' = |diag(P_i)|^2 \times P_{Z_i} = \Delta f \times 10^{\frac{MREFPSD(i)}{10}} \times (|diag(P_i)| \times g_i)^2 .$$

L'affaiblissement du signal doit être mesuré par la fonction PMD de réception pendant le mode diagnostic de boucle et l'initialisation (c'est-à-dire qu'il faut estimer l'affaiblissement du signal au début de la phase active). La mesure peut être mise à jour à la demande depuis l'extrémité distante pendant la phase active. L'affaiblissement du signal doit être envoyé à l'extrémité distante à la demande pendant la phase active.

L'affaiblissement du signal dans chaque bande aval SATN_D(m) doit être représenté par un entier non signé de 10 bits $satn$, la valeur de SATN_D(m) étant définie par $SATN_D(m) = satn/10$ dB. Ce format de données prend en charge une granularité de SATN_D(m) de 0,1 dB et une fourchette dynamique SATN_D(m) de 102,2 dB (0 à 102,2 dB).

La valeur de SATN_D(m) telle que $satn = 1023$ est une valeur particulière. Elle indique que l'affaiblissement du signal se trouve en-dehors de la fourchette à représenter ou qu'il est "indéterminé".

A.7.9 Paramètre d'état GAINSpds

Le paramètre d'état *GAINSpds* est défini de la manière suivante:

$$GAINSpds_i = g_i \times 10^{\frac{(TXPSD_{direct_Z_i}' - MREFPSDs(i))}{20}}$$

où:

$TXPSD_{direct_Zi}$ est la PSD du signal direct à la sortie du précodeur pour la sous-porteuse i , transmise à l'interface U-O, en dBm/Hz en supposant que l'impédance d'entrée du réseau présente une résistance de 100 Ω ;

$MREFPSD_{ds}$ est la valeur $MREFPSD_{ds}$ communiquée dans le message O-PRM en dBm/Hz.

Le paramètre $GAIN_{Spsds_i}$ doit être mis à jour par le VTU-O, en coopération avec la VCE, lorsqu'une commande OLR modifie la valeur g_i et qu'une commande TIGAV modifie la valeur $TXPSD_{directZi}$.

NOTE 1 – Le paramètre $GAIN_{Spsds}$ n'est donc mis à jour que pendant l'état de liaison L0.

Les valeurs reconnues de $GAIN_{Spsds}$ vont de 0 à environ 1,33 (soit la valeur reconnue maximale de g_i).

Le paramètre d'état $GAIN_{Spsds}$ doit être représenté par un entier non signé de 16 bits exprimant sa valeur sous forme de multiple de 1/512, les valeurs reconnues allant de 0 à 682. Toutes les autres valeurs sont réservées par l'UIT-T.

NOTE 2 – Si le VTU-O ne fonctionne pas conformément à la présente Annexe, les paramètres $GAIN_{Spsds_i}$ prennent les valeurs g_i réelles.

NOTE 3 – Dans les mises en œuvre fondées sur une matrice de précodeurs P_i pour la sous-porteuse i , on peut calculer le paramètre d'état $GAIN_{Spsds}$ au moyen du coefficient diagonal de la matrice P_i , " $diag(P_i)$ ", par l'équation suivante (voir Figure 6-1):

$$GAIN_{Spsds_i} = g_i \times diag(P_i)$$

A.8 Gestion

Le présent paragraphe contient les paramètres de configuration, d'état et d'inventaire de la base CO-MIB propres à un fonctionnement conforme à l'Annexe A. Ces paramètres doivent être pris en charge si le VTU-O prend en charge l'Annexe A.

A.8.1 Paramètres de configuration

A.8.1.1 Mode STRONGFEXT (STRONGFEXT_MODE)

Le paramètre de configuration STRONGFEXT_MODE (voir § 7.3.1.17.1 de [UIT-T G.997.1]) sert à activer le mode conforme à l'Annexe A de [UIT-T G.993.5] pendant l'initialisation.

Ce paramètre a 4 valeurs reconnues:

0: DISABLED (désactivé): Le mode conforme à l'Annexe A de [UIT-T G.993.5] n'est pas autorisé. Le bit Npar(3) "Support of strong FEXT mitigation" (prise en charge de l'atténuation de la télédiaphonie de forte intensité) du message CL défini dans [UIT-T G.994.1] doit être fixé à ZÉRO.

1: PREFERRED (privilégié): Le mode conforme à l'Annexe A de [UIT-T G.993.5] est privilégié par l'opérateur. Le bit Npar(3) "Support of strong FEXT mitigation" du message CL défini dans [UIT-T G.994.1] doit indiquer si le VTU-O prend en charge cette Annexe.

2: FORCED (forcé): Force l'utilisation du mode conforme à l'Annexe A de [UIT-T G.993.5]. Le bit Npar(3) "Support of strong FEXT mitigation" du message CL défini dans [UIT-T G.994.1] doit indiquer si le VTU-O prend en charge cette Annexe. Si ce bit Npar(3) n'a pas la valeur UN ou que le bit Spar(2) de [UIT-T G.993.5] n'a pas la valeur UN dans le message MS de [UIT-T G.994.1], le bit Spar(1) de [UIT-T G.993.2] doit être fixé à ZÉRO dans le message MS.

3: FORCED_ABOVE_17MHZ (forcé au-dessus de 17 MHz):

- Si le bit Spar(1) [UIT-T G.993.2] a la valeur UN, que le bit Spar(2) [UIT-T G.993.5] a la valeur UN et que le bit Npar(3) "Support of strong FEXT mitigation" a la valeur ZÉRO dans le message MS [UIT-T G.994.1], ce message doit soit
 - choisir un fonctionnement selon un profil différent de 30a et de 35b; soit
 - choisir un fonctionnement selon le profil 35b, la liste SUPPORTEDCARRIERS pour l'aval et l'amont qui figure dans le message O-SIGNATURE étant alors limitée à l'indice de sous-porteuse 4095.
- Si le bit Spar(1) [UIT-T G.993.2] a la valeur UN et que le bit Spar(2) [UIT-T G.993.5] a la valeur ZÉRO dans le message MS [UIT-T G.994.1], ce message peut choisir un fonctionnement selon n'importe quel profil, la liste SUPPORTEDCARRIERS pour l'aval et l'amont qui figure dans le message O-SIGNATURE étant alors limitée à un indice de sous-porteuse qui dépend du fournisseur et qui doit être inférieur ou égal à 4095.

NOTE – Il faut choisir l'indice de sous-porteuse le plus élevé parmi ceux que propose le fournisseur afin que la diaphonie produite vers les autres lignes du groupe vectoriel soit suffisamment basse, par exemple la sous-porteuse 511 (qui peut correspondre au fonctionnement conforme à [UIT-T G.992.5]).

Si le mode STRONGFEXT_MODE est réglé sur PREFERRED, FORCED ou FORCED_ABOVE_17MHZ, alors

- le mode RA-MODEds doit être fixé à 3 (*DYNAMIC*) ou 4 (*DYNAMIC with SOS*);
- le mode RTX_MODE_ds doit être fixé à RTX_FORCED, RTX_PREFERRED ou RTX_TESTMODE.

NOTE – La présente Annexe n'est applicable que si le VTU fonctionne conformément à l'Annexe Q de [UIT-T G.993.2], qui prévoit la prise en charge obligatoire de la SRA et la retransmission vers l'aval. La présente Annexe repose sur l'hypothèse que la SRA et la retransmission vers l'aval sont activées dans la base CO-MIB.

Si le mode STRONGFEXT_MODE est réglé sur FORCED ou FORCED_ABOVE_17MHZ pour une ligne du groupe vectoriel, le même réglage doit être appliqué à toutes les lignes de ce groupe vectoriel (même réglage pour toutes les lignes ou aucun réglage).

A.8.2 Paramètres d'état

A.8.2.1 Mode STRONGFEXT réel (STRONGFEXT_MODE_ACTUAL)

Le paramètre d'état du mode STRONGFEXT_MODE_ACTUAL (voir § 7.5.1.45.1 de [UIT-T G.997.1]) indique si le fonctionnement selon l'Annexe A de [UIT-T G.993.5] est choisi dans le message MS [UIT-T G.994.1] (que ce choix ait été fait de manière autonome par les VTU ou qu'il ait été forcé par le biais de la base CO-MIB).

Les valeurs reconnues sont les suivantes:

- NOT-SELECTED: Le fonctionnement selon l'Annexe A de [UIT-T G.993.5] *n'est pas* choisi.
- SELECTED: Le fonctionnement selon l'Annexe A de [UIT-T G.993.5] *est* choisi.

A.8.3 Paramètres d'inventaire

A.8.3.1 Prise en charge du mode STRONGFEXT (STRONGFEXT_MODE_SUPPORT_O/R)

Les paramètres d'inventaire STRONGFEXT_MODE_SUPPORT_O (voir § 7.4.15.1 de [UIT-T G.997.1]) et STRONGFEXT_MODE_SUPPORT_R (voir § 7.4.15.2 de [UIT-T G.997.1]) indiquent, respectivement pour le VTU-O et le VTU-R, que le fonctionnement selon l'Annexe A de [UIT-T G.993.5] n'est pas pris en charge (paramètre fixé à 0) ou qu'il est pris en charge (paramètre fixé à 1).

Annexe B

VDSL2 à longue portée avec vectorisation

(Cette Annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation.)

B.1 Introduction

On trouvera dans la présente Annexe la définition du mode VDSL2 à longue portée avec vectorisation (VDSL2-LR).

Le mode VDSL2-LR est une fonctionnalité facultative du VTU-O et du VTU-R. Il prévoit des comportements différents en cas de fonctionnement en boucle courte, moyenne ou longue sur différentes paires dans un même groupe vectoriel. Le choix du fonctionnement en boucle courte, moyenne ou longue est effectué de manière autonome, compte tenu de l'affaiblissement en boucle, sauf s'il est imposé par le gestionnaire du réseau.

Ces comportements comprennent les éléments suivants:

- 1) Tout déploiement peut comporter à la fois des lignes VDSL2 et VDSL2-LR. Un même groupe vectoriel peut comporter des lignes VDSL2-LR et VDSL2.
- 2) Si le VTU-O et le VTU-R prennent tous deux en charge le mode VDSL2-LR, le fonctionnement décrit dans la présente annexe est choisi au cours de la phase de prise de contact [UIT-T G.994.1] pour ces deux VTU.
- 3) Les lignes VDSL2 et VDSL2-LR sont toutes deux configurées de manière à utiliser un profil VDSL2 particulier (par exemple 8a/b ou 17a), selon le service souhaité sur les lignes VDSL2. Elles doivent toutes deux lancer l'initialisation conformément à la procédure [UIT-T G.993.5] et au profil choisi.
- 4) Aucun chevauchement de spectre n'est autorisé dans la bande US0; les fréquences allant de 25 à 138/276 kHz sont réservées à la bande US0, et il faut utiliser un plan de bande ordinaire au-dessus de 138/276 kHz.
- 5) En mode VDSL2-LR et en cas de fonctionnement en boucle longue, le spectre est limité aux bandes US0 et DS1 jusqu'à la sous-porteuse 511 (2,208 MHz).
- 6) Seules les extensions cycliques obligatoires sont prises en charge en mode VDSL2-LR.
- 7) Sauf disposition contraire explicite dans la présente Annexe, le mode VDSL2-LR prend en charge toutes les fonctionnalités applicables au texte principal de la présente Recommandation (par exemple la réduction de la puissance en aval (DPBO)).
- 8) L'annulation de la diaphonie vers l'amont n'est pas prise en charge sur les lignes pour lesquelles le fonctionnement du mode VDSL2-LR en boucle longue a été choisi (puisque seule la bande US0 est employée).

B.2 Aperçu de la procédure d'initialisation

La procédure d'initialisation en mode VDSL2-LR comprend deux parties:

- 1) la procédure UIT-T G.993.5 classique (y compris les estimations de canal UIT-T G.993.5) avec quelques modifications mineures; et
- 2) des étapes supplémentaires:
 - PROBING (sondage): pendant cette étape, le VTU-R détermine la longueur de la ligne et indique au VTU-O si celui-ci doit continuer à initialiser le mode VDSL2-LR en boucle courte ou moyenne ou en boucle longue. Après l'envoi de cette indication par le VTU-R, le VTU-O et le VTU-R continuent tous deux à initialiser la ligne en boucle courte ou moyenne ou en boucle longue;

- TRAINING (entraînement): cette étape intervient si le VTU-R a choisi de continuer à initialiser la ligne en boucle longue. Au cours de cette étape, le VTU-O et le VTU-R entraînent la ligne à fonctionner en boucle longue.

Le cadre de la procédure d'initialisation est présenté dans la Figure B.1. Celle-ci illustre l'initialisation du mode VDSL2-LR (par rapport à une initialisation UIT-T G.993.5 classique), en utilisant les notations suivantes pour les signaux échangés:

- Signaux G.993.5: employés si la ligne est une ligne classique UIT-T G.993.5 qui ne fonctionne pas selon la présente Annexe (ligne UIT-T G.993.5 ordinaire).
- Signaux LR, boucle courte ou moyenne: employés si la ligne est choisie pendant l'étape PROBING pour continuer à initialiser le mode VDSL2-LR en boucle courte ou moyenne (ligne destinée à devenir une ligne VDSL2-LR courte ou moyenne).
- Signaux LR, boucle longue: employés si la ligne est choisie pendant l'étape PROBING pour continuer à initialiser le mode VDSL2-LR en boucle longue (pour une ligne VDSL2-LR longue).

	Messages	Signaux LR boucle longue	Signaux LR boucle courte ou moyenne	Signaux UIT-T G.993.5		Signaux UIT-T G.993.5	Signaux LR boucle courte ou moyenne	Signaux LR boucle longue	Messages
Partie classique de l'initialisation UIT-T G.993.5	UIT-T G.994.1	Prise de contact UIT-T G.994.1				Prise de contact UIT-T G.994.1			UIT-T G.994.1
		O-P-QUIET 1			Le VTU-R a obtenu la synchronisation en boucle	R-P-QUIET 1	R-P-QUIET 1		
		O-P-VECTOR 0							
O-P-MSG-PCB-LR	O-P-PROBING-LR			R-P-PROBING-LR			R-P-MSG-PCB-LR		
Partie supplémentaire effectuée sur les lignes VDSL2-LR		O-P-QUIET 1-LR		O-P-VECTOR 1	R-P-QUIET 1	R-P-QUIET 1-LR			
		O-P-VECTOR 1-LR				R-P-QUIET 1	R-P-QUIET 2-LR		
			O-P-VECTOR 1						
		O-P-TRAINING-LR					R-P-TRAINING-LR		
Partie classique de l'initialisation UIT-T G.993.5	O-IDLE	O-P-CHANNEL DISCOVERY V1			O-SIGNATURE reçu			R-P-QUIET 1	
	O-SIGNATURE						R-P-VECTOR 1	R-P-CHANNEL DISCOVERY 1 avec SOC R-IDLE	
		O-P-SYNCHRO V1			Début de l'émission bidirectionnelle	R-P-CHANNEL DISCOVERY 1		R-IDLE	
	O-IDLE	O-P-CHANNEL DISCOVERY 1					R-MSG 1 est reçu		R-MSG1
		O-P-SYNCHRO V1			Fin des phases CD initiales		R-P-SYNCHRO 1		
		O-P-PILOT 1	O-P-QUIET 2				R-P-LINEPROBE		
	

G.993.5(15)-Amd.2(17)_FB.1

Figure B.1 – Aperçu de l'initialisation en mode VDSL2-LR (par rapport à une initialisation UIT-T G.993.5 classique)

B.3 Phase de prise de contact UIT-T G.994.1

La phase de prise de contact UIT-T G.994.1 permet de déterminer si la ligne choisie est une ligne VDSL2-LR ou une ligne UIT-T G.993.5 classique. Si la ligne choisie est une VDSL2-LR, la PSD de l'étape PROBING (voir § B.6) est également indiquée (dans le niveau nominal de densité PSD en émission (NOMPSD) et dans les valeurs *log₁₀tssi*). La séquence de codage Spar(2) relève de l'arborescence de codes définie dans [UIT-T G.993.2] ainsi que dans le Tableau 11.68.0.1/G.994.1 (Champ d'information normalisée – Codage SPAR(2) UIT-T G.993.2 – Octet 2). L'emploi de ces séquences de codage dans les messages CL, CLR et MS de l'UIT-T G.994.1 est défini aux § B.1 à B.8.

Tableau B.1 – Définitions du bit SPar(2) dans le message CL du VTU-O

Bit SPar(2) UIT-T G.994.1	Définition du bit SPar(2)
<i>Support of VDSL2-LR</i> (Prise en charge de la VDSL2-LR)	Doit être fixé à ZÉRO si: <ul style="list-style-type: none"> le VTU-O ne prend pas en charge le mode VDSL2 à longue portée (VDSL2-LR) décrit dans la présente Annexe, ou aucun type de fonctionnement en boucle courte, moyenne ou longue n'est autorisé dans la base CO-MIB (voir § B.10.1.1), et peut être fixé à UN dans les autres cas.
<i>Spectrum bounds downstream</i> (Limites spectrales en aval)	Doit être fixé à UN si et seulement si le bit "Support of VDSL2-LR" est fixé à UN. S'il est fixé à UN, signifie que le VTU-O inclut les limites spectrales en aval définies dans le bit NPar(3) correspondant.
<i>Spectrum shaping downstream</i> (Conformation du spectre en aval)	Doit être fixé à UN si et seulement si le bit "Support of VDSL2-LR" est fixé à UN. S'il est fixé à UN, signifie que le VTU-O inclut la conformation du spectre en aval définie dans le bit NPar(3) correspondant.
<i>Spectrum bounds upstream</i> (Limites spectrales en amont)	Doit être fixé à UN si et seulement si le bit "Support of VDSL2-LR" est fixé à UN. S'il est fixé à UN, signifie que le VTU-O inclut les limites spectrales en amont définies dans le bit NPar(3) correspondant.
<i>Spectrum shaping upstream</i> (Conformation du spectre en amont)	Toujours fixé à ZÉRO.
<i>Transmit signal images above the Nyquist frequency</i> (Signaux d'image en émission au-dessus de la fréquence de Nyquist)	Toujours fixé à ZÉRO.
<i>Offset IDFT sample #0 downstream</i> (Décalage d'échantillon IDFT N° 0 en aval)	Doit être fixé à UN si et seulement si le bit "Support of VDSL2-LR" est fixé à UN.
<i>Offset IDFT sample #0 upstream</i> (Décalage d'échantillon IDFT N° 0 en amont)	Toujours fixé à ZÉRO.

Tableau B.2 – Définitions du bit NPar(3) dans le message CL du VTU-O

Bit NPar(3) UIT-T G.994.1	Définition du bit NPar(3)
<i>Support of VDSL2-LR</i> (Prise en charge de la VDSL2-LR)	Si le bit SPar(2) est fixé à UN: <p>Bit 1: Type de fonctionnement en boucle courte: Doit être fixé à UN si et seulement si le fonctionnement VDSL2-LR en boucle courte est autorisé dans la base CO-MIB (voir § B.10.1.1).</p> <p>Bit 2: Type de fonctionnement en boucle moyenne: Doit être fixé à UN si et seulement si le fonctionnement VDSL2-LR en boucle moyenne est autorisé dans la base CO-MIB (voir § B.10.1.1).</p> <p>Bit 3: Type de fonctionnement en boucle longue: Doit être fixé à UN si et seulement si le fonctionnement VDSL2-LR en boucle longue est autorisé dans la base CO-MIB (voir § B.10.1.1).</p> <p>Bit 4: Toujours fixé à UN.</p>

Tableau B.2 – Définitions du bit NPar(3) dans le message CL du VTU-O

Bit NPar(3) UIT-T G.994.1	Définition du bit NPar(3)
<p><i>Spectrum bounds downstream</i> (Limites spectrales en aval)</p>	<p>Bloc paramétrique indiquant le niveau nominal de densité PSD en émission. La longueur de ce bloc doit être de 2 octets. Les séquences codées doivent être structurées comme suit:</p> <p>Le niveau nominal de densité PSD en émission (<i>NOMPSDds</i>) doit être représenté par une valeur signée de 9 bits en complément à 2 par pas de 0,1 dB, de -25,6 à +25,5 dB, relatifs à la valeur de -40 dBm/Hz, et doit être codé dans les bits 3 à 1 de l'octet 1 et dans les bits 6 à 1 de l'octet 2.</p>
<p><i>Spectrum shaping downstream</i> (Conformation du spectre en aval)</p>	<p>Bloc paramétrique de paires d'un indice de sous-porteuse et valeur <i>log_tssi</i> de conformation du spectre dans cette sous-porteuse. Les paires doivent être transmises dans l'ordre croissant de l'indice de sous-porteuse. Chaque paire doit être représentée sur 4 octets. La longueur de ce bloc paramétrique doit être un multiple de 4 octets. Le nombre maximum de points d'inflexion est 32.</p> <p>Les séquences codées doivent être structurées comme suit:</p> <p>L'indice de sous-porteuse doit être une valeur non signée de 9 bits, indiquant l'indice de sous-porteuse de 1 à $2 \times NSCds - 1$, codée dans les bits 3 à 1 de l'octet 1 ainsi que dans les bits 6 à 1 de l'octet 2;</p> <p>Un bit indique si la sous-porteuse est incluse dans l'ensemble SUPPORTEDCARRIERS (bit d'indication mis à 1) ou ne l'est pas (bit d'indication mis à 0). Cette indication est codée dans le bit 6 de l'octet 3;</p> <p>Les valeurs <i>log_tssi</i> de conformation du spectre doivent être représentées en échelle logarithmique par une valeur non signée de 7 bits par pas de -0,5 dB entre 0 dB (valeur 0) et -62,5 dB (valeur 125), codée dans le bit 1 de l'octet 3 et dans les bits 6 à 1 de l'octet 4. La valeur 127 est une valeur spéciale indiquant que la sous-porteuse n'est pas transmise (c'est-à-dire que $tssi = 0$ en échelle linéaire). La valeur 126 est une valeur spéciale indiquant que la valeur de <i>log_tssi</i> associée à cette sous-porteuse doit être interpolée conformément au § 8.13.2.4 de [UIT-T G.992.3]. Une paire au moins (d'un indice de sous-porteuse et de la valeur <i>log_tssi</i> de conformation du spectre au niveau de cette sous-porteuse) indiquée comme incluse dans l'ensemble SUPPORTEDCARRIERS doit avoir une valeur de <i>log_tssi</i> égale à 0 dB.</p>
<p><i>Spectrum bounds upstream</i> (Limites spectrales en amont)</p>	<p>Bloc paramétrique ayant la même définition et la même structure que les limites spectrales en aval, avec $NOMPSD=NOMPSDus$.</p>
<p><i>Offset IDFT sample #0 downstream</i> (Décalage d'échantillon IDFT N° 0 en aval)</p>	<p>Indique le décalage entre l'échantillon IDFT N° 0 des symboles O-P-SEGUE 1-LR et O-P-CHANNEL DISCOVERY-V1 dans des échantillons à 4,416MHz. Cette valeur est codée par un entier non signé de 7 bits.</p>

Tableau B.3 – Définitions du bit SPar(2) dans le message CLR du VTU-R

Bit SPar(2) UIT-T G.994.1	Définition du bit SPar(2)
<i>Support of VDSL2-LR</i> (Prise en charge de la VDSL2-LR)	Doit être fixé à UN si et seulement si le VTU-R prend en charge le mode VDSL2 à longue portée (VDSL2 LR) décrit dans la présente Annexe.
<i>Spectrum bounds downstream</i> (Limites spectrales en aval)	Toujours fixé à ZÉRO.
<i>Spectrum shaping downstream</i> (Conformation du spectre en aval)	Toujours fixé à ZÉRO.
<i>Spectrum bounds upstream</i> (Limites spectrales en amont)	Doit être fixé à UN si et seulement si le bit "Support of VDSL2 LR" est fixé à UN. S'il est fixé à UN, signifie que le VTU-R inclut les limites spectrales en amont définies dans le bit NPar(3) correspondant.
<i>Spectrum shaping upstream</i> (Conformation du spectre en amont)	Doit être fixé à UN si et seulement si le bit "Support of VDSL2 LR" est fixé à UN. S'il est fixé à UN, signifie que le VTU-R inclut la conformation du spectre en amont définie dans le bit NPar(3) correspondant.
<i>Transmit signal images above the Nyquist frequency</i> (Signaux d'image en émission au-dessus de la fréquence de Nyquist)	Doit être fixé à UN si et seulement si le bit "Support of VDSL2 LR" est fixé à UN. S'il est fixé à UN, signifie que le VTU-R inclut les signaux d'image en émission au-dessus de la fréquence de Nyquist définis dans le bit NPar(3) correspondant.
<i>Offset IDFT sample #0 downstream</i> (Décalage d'échantillon IDFT N° 0 en aval)	Toujours fixé à ZÉRO.
<i>Offset IDFT sample #0 upstream</i> (Décalage d'échantillon IDFT N° 0 en amont)	Doit être fixé à UN si et seulement si le bit "Support of VDSL2 LR" est fixé à UN.

Tableau B.4 – Définitions du bit NPar(3) dans le message CLR du VTU-R

Bit NPar(3) UIT-T G.994.1	Définition du bit NPar(3)
<p><i>Support of VDSL2-LR</i> (Prise en charge de la VDSL2-LR)</p>	<p>Bit 1: Toujours fixé à UN. Bit 2: Toujours fixé à UN. Bit 3: Toujours fixé à UN. Bit 4: FMT-O-P-TREF2: S'il est fixé à UN, indique que le VTU-R demande au VTU-O de transmettre des symboles O-P-TREF pendant l'état O-P-ECT-LR. S'il est fixé à ZÉRO, indique que le VTU-R demande au VTU-O de transmettre des symboles O-P-QUIET pendant l'état O-P-ECT-LR.</p>
<p><i>Spectrum bounds upstream</i> (Limites spectrales en amont)</p>	<p>Bloc paramétrique ayant la même définition et la même structure que les limites spectrales en amont du message CL.</p>
<p><i>Spectrum shaping upstream</i> (Conformation du spectre en amont)</p>	<p>Bloc paramétrique ayant la même définition et la même structure que la conformation du spectre en aval du message CL, avec $NSC = NSC_{us}$, le nombre maximum de points d'inflexion étant 16.</p>
<p><i>Transmit signal images above the Nyquist frequency</i> (Signaux d'image en émission au-dessus de la fréquence de Nyquist)</p>	<p>Bloc paramétrique indiquant le type de signaux d'image en émission au-dessus de la fréquence de Nyquist. Il se compose d'un seul octet. Les séquences de codage sont structurées sur les bits 6 à 3 et indiquent la valeur N (pour une transformée IDFT de $2N$ points, voir § 10.4.3 de [UIT-T G.993.2]), les bits 2 et 1 comportant la définition des signaux d'image en émission au-dessus de la fréquence de Nyquist (voir § 10.4.3 de [UIT-T G.993.2]). Le codage doit être le suivant:</p> <ul style="list-style-type: none"> • (b₆b₅b₄b₃) = n, où $1 \leq n \leq 15$ indique que $N = 2^n$. • (b₂b₁ = 01): Conjugué complexe du signal en bande de base. • (b₂b₁ = 10): Bourrage par des zéros. • (b₂b₁ = 00): Autre (aucune des options précédentes). • (b₂b₁ = 11): Réserve.
<p><i>Offset IDFT sample #0 upstream</i> (Décalage d'échantillon IDFT N° 0 en amont)</p>	<p>Indique le décalage entre l'échantillon IDFT N° 0 des symboles R-P-SEGUE 1-LR et R-P-CHANNEL DISCOVERY 1 dans des échantillons à 276 kHz. Cette valeur est codée par un entier non signé de 3 bits.</p>

Tableau B.5 – Définitions du bit SPar(2) dans le message MS du VTU-O

Bit SPar(2) UIT-T G.994.1	Définition du bit SPar(2)
<i>Support of VDSL2-LR</i> (Prise en charge de la VDSL2-LR)	Fixé à UN si et seulement si les messages CLR et CL les plus récents ont tous deux fixé ce bit à UN. S'il est fixé à UN, indique que le VTU-O et le VTU-R doivent tous deux continuer à initialiser le mode VDSL2-LR conformément à la présente Annexe. S'il est fixé à ZÉRO, indique que le VTU-O et le VTU-R doivent tous deux poursuivre l'initialisation conformément au § 10. Si ce bit est fixé à UN, le bit SPar(2) de longueur du message CE doit être fixé à ZÉRO.
<i>Spectrum bounds upstream</i> (Limites spectrales en amont)	Toujours fixé à ZÉRO.
<i>Spectrum shaping upstream</i> (Conformation du spectre en amont)	Toujours fixé à ZÉRO.
<i>Spectrum bounds downstream</i> (Limites spectrales en aval)	Toujours fixé à ZÉRO.
<i>Spectrum shaping downstream</i> (Conformation du spectre en aval)	Toujours fixé à ZÉRO.
<i>Transmit signal images above the Nyquist frequency</i> (Signaux d'image en émission au-dessus de la fréquence de Nyquist)	Toujours fixé à ZÉRO.
<i>Offset IDFT sample #0 downstream</i> (Décalage d'échantillon IDFT N° 0 en aval)	Toujours fixé à ZÉRO.
<i>Offset IDFT sample #0 upstream</i> (Décalage d'échantillon IDFT N° 0 en amont)	Toujours fixé à ZÉRO.

Tableau B.6 – Définitions du bit NPar(3) dans le message MS du VTU-O

Bit NPar(3) UIT-T G.994.1	Définition du bit NPar(3)
<i>Support of VDSL2-LR</i> (Prise en charge de la VDSL2-LR)	Bit 1: Boucle courte: Fixé à UN si et seulement si ce bit était fixé à UN dans les messages CLR et CL les plus récents. S'il est fixé à UN, le fonctionnement en boucle courte doit être autorisé. Bit 2: Boucle moyenne: Fixé à UN si et seulement si ce bit était fixé à UN dans les messages CLR et CL les plus récents. S'il est fixé à UN, le fonctionnement en boucle moyenne doit être autorisé. Bit 3: Boucle longue: Fixé à UN si et seulement si ce bit était fixé à UN dans les messages CLR et CL les plus récents. S'il est fixé à UN, le fonctionnement en boucle longue doit être autorisé. Bit 4: FMT-O-P-TREF2: Fixé à UN si et seulement si ce bit était fixé à UN dans les messages CLR et CL les plus récents. S'il est fixé à UN, le VTU-O doit transmettre des symboles O-P-TREF pendant l'état O-P-ECT-LR. S'il est fixé à ZÉRO, le VTU-O doit transmettre des symboles O-P-QUIET pendant l'état O-P-ECT-LR.

Tableau B.7 – Définitions du bit SPar(2) dans le message MS du VTU-R

Bit SPar(2) UIT-T G.994.1	Définition du bit SPar(2)
<i>Support of VDSL2-LR</i> (Prise en charge de la VDSL2-LR)	Fixé à UN si et seulement si les messages CLR et CL les plus récents ont tous deux fixé ce bit à UN. S'il est fixé à UN, indique que le VTU-O et le VTU-R doivent tous deux continuer à initialiser le mode VDSL2-LR conformément à la présente Annexe. S'il est fixé à ZÉRO, indique que le VTU-O et le VTU-R doivent tous deux poursuivre l'initialisation conformément au § 10. Si ce bit est fixé à UN, le bit SPar(2) de longueur du message CE doit être fixé à ZÉRO.
<i>Upstream spectrum bounds</i> (Limites spectrales en amont)	Toujours fixé à ZÉRO.
<i>Upstream spectrum shaping</i> (Conformation du spectre en amont)	Toujours fixé à ZÉRO.
<i>Upstream spectrum bounds</i> (Limites spectrales en amont)	Toujours fixé à ZÉRO.
<i>Upstream spectrum shaping</i> (Conformation du spectre en amont)	Toujours fixé à ZÉRO.
<i>Transmit signal images above the Nyquist frequency</i> (Signaux d'image en émission au-dessus de la fréquence de Nyquist)	Toujours fixé à ZÉRO.
<i>Offset IDFT sample #0 downstream</i> (Décalage d'échantillon IDFT N° 0 en aval)	Toujours fixé à ZÉRO.
<i>Offset IDFT sample #0 upstream</i> (Décalage d'échantillon IDFT N° 0 en amont)	Toujours fixé à ZÉRO.

Tableau B.8 – Définitions du bit NPar(3) dans le message MS du VTU-R

Bit NPar(3) UIT-T G.994.1	Définition du bit NPar(3)
<i>Support of VDSL2-LR</i> (Prise en charge de la VDSL2-LR)	<p>Bit 1: Boucle courte: Fixé à UN si et seulement si ce bit était fixé à UN dans les messages CLR et CL les plus récents. S'il est fixé à UN, le fonctionnement en boucle courte doit être autorisé.</p> <p>Bit 2: Boucle moyenne: Fixé à UN si et seulement si ce bit était fixé à UN dans les messages CLR et CL les plus récents. S'il est fixé à UN, le fonctionnement en boucle moyenne doit être autorisé.</p> <p>Bit 3: Boucle longue: Fixé à UN si et seulement si ce bit était fixé à UN dans les messages CLR et CL les plus récents. S'il est fixé à UN, le fonctionnement en boucle longue doit être autorisé.</p> <p>Bit 4: FMT-O-P-TREF2: Fixé à UN si et seulement si ce bit était fixé à UN dans les messages CLR et CL les plus récents. S'il est fixé à UN, le VTU-O doit transmettre des symboles O-P-TREF pendant l'état O-P-ECT-LR. S'il est fixé à ZÉRO, le VTU-O doit transmettre des symboles O-P-QUIET pendant l'état O-P-ECT-LR.</p>

Si le bit Spar(2) "Support of VDSL2-LR" (prise en charge de la VDSL2-LR) est fixé à UN dans le message MS défini dans [UIT-T G.994.1], ce message doit alors aussi:

- signaler que l'emploi de *CE Length* (longueur de CE) est obligatoire;
- indiquer que le fonctionnement s'effectue selon un profil différent du profil 30a (voir Tableaux 6-1 et Q.1 de [UIT-T G.993.2]); et
- indiquer que le bit Spar(2) de la bande US0 défini dans l'Annexe B doit être fixé à UN et que l'un des bits NPar(3) de la bande 25-138 kHz (A), 25-276 kHz (M) ou 120-276 kHz (B) doit être fixé à UN.

Le choix d'un fonctionnement dans une boucle particulière (boucle courte, moyenne ou longue) est effectué pendant les étapes suivantes de l'initialisation, conformément au § B.2. Ce fonctionnement ne peut être choisi que s'il est autorisé (c'est-à-dire si le bit Npar(3) "Boucle courte", "Boucle moyenne" ou "Boucle longue" est fixé à UN dans le message MS UIT-T G.994.1 correspondant).

B.4 Signaux envoyés par le VTU-O pendant les phases de découverte de canal et d'entraînement

La durée maximale des signaux O-P-VECTOR 0, O-P-VECTOR 1-LR et O-P-VECTOR 1 est définie respectivement dans les § B.4.2, B.4.5 et B.4.7. De plus, si le bit "8192 superframes duration for O-P-VECTOR 1" (La durée du signal O-P-VECTOR 1 est de 8192 superframes) est activé au cours de la phase de prise de contact UIT-T G.994.1 (voir § 10.2), la somme des durées de toutes les phases de O-P-VECTOR 0 jusqu'à O-P-CHANNEL DISCOVERY V1 (celui-ci étant exclu) ne doit pas être supérieure à $8 \times 1024 \times 257$ symboles.

Si le VTU-R signale le mode "Prise en charge de la VDSL2-LR" dans le message CLR UIT-T G.994.1, il doit aussi indiquer que le mode "La durée du signal O-P-VECTOR 1 est de 8 192 superframes" est également pris en charge.

NOTE – Les lignes UIT-T G.993.5 classiques dont le bit "La durée du signal O-P-VECTOR 1 est de 8 192 superframes" est désactivé au cours de la phase de prise de contact UIT-T G.994.1 peuvent être initialisées dans un groupe différent ne comportant aucune ligne VDSL2-LR.

B.4.1 O-P-QUIET 1

Après la phase de prise de contact UIT-T G.994.1, le VTU-O doit lancer l'initialisation au moyen du signal O-P-QUIET 1 défini au § 12.3.3.3.1.1 de [UIT-T G.993.2].

La durée du signal O-P-QUIET 1 doit être d'au moins 512 périodes de symboles mais ne doit pas être supérieure à 1024 périodes de symboles.

Le signal O-P-QUIET 1 doit être suivi du signal O-P-VECTOR 0.

B.4.2 O-P-VECTOR 0

Le signal O-P-VECTOR 0 doit être identique au signal O-P-VECTOR 1 défini au § 10.3.3.1. Il intègre toutes les sous-porteuses de l'ensemble SUPPORTEDCARRIERS en aval. La PSD du signal O-P-VECTOR 0 doit être déduite selon les mêmes règles que pour la PSD du signal O-P-VECTOR 1 (voir § 10.3.3.1), sauf que la puissance d'émission agrégée du signal O-P-VECTOR 0 ne doit pas être supérieure au minimum de la puissance d'émission agrégée maximale vers l'aval, telle que définie pour le profil choisi dans le Tableau 6-1 de [UIT-T G.993.2], ni à la valeur de la puissance MAXNOMATPds configurée dans la base CO-MIB.

Au cours de l'émission du signal O-P-VECTOR 0, la VCE évalue les canaux de télédiaphonie vers l'aval des lignes en cours d'initialisation vers les lignes vectorielles, en se fondant sur les échantillons d'erreurs échantillonnés transmis par les VTU-R des lignes vectorielles. À partir de ce point, les matrices d'annulation de la télédiaphonie sont établies dans les VTU-O pour toutes les lignes vectorielles dans le sens aval, et la télédiaphonie des lignes en cours d'initialisation vers les lignes vectorielles est annulée.

La durée du signal O-P-VECTOR 0 est déterminée par le VTU-O, qui est piloté par la VCE. La VCE peut choisir la durée du signal O-P-VECTOR 0 selon les besoins afin de synchroniser le début des signaux O-P-PROBING-LR sur toutes les lignes VDSL2-LR du groupe vectoriel.

La durée du signal O-P-VECTOR 0 ne doit pas être supérieure à $M \times 1024 \times 257$ symboles. Si le bit "8192 superframes duration for O-P-VECTOR 1" (La durée du signal O-P-VECTOR 1 est de 8192 superframes) est activé au cours de la phase de prise de contact UIT-T G.994.1 (voir § 10.2), alors $M = 8$. Dans le cas contraire, $M = 1$.

NOTE – Si $M = 8$, la durée maximale du signal O-P-VECTOR 0 va dépasser la durée maximale de toutes les autres phases à partir du signal O-P-VECTOR 0 et jusqu'au signal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1 (exclu) (voir § B.4).

Le signal O-P-VECTOR 0 doit être suivi des signaux O-P-PROBING-LR.

B.4.3 O-P-PROBING-LR

Les signaux O-P-PROBING-LR doivent se composer d'un certain nombre de signaux périodiques conformément au § B.6. Ils sont destinés à synchroniser le VTU-R afin que celui-ci puisse estimer la longueur de la ligne, ce qui lui permet d'indiquer en retour au VTU-O si l'initialisation de la ligne doit se poursuivre soit en boucle courte ou moyenne (la ligne est alors destinée à devenir une ligne VDSL2-LR courte ou moyenne), soit en boucle longue (pour une ligne VDSL2-LR longue). Si le choix se porte sur un fonctionnement en boucle longue, le VTU-O reçoit aussi une indication sur la tonalité pilote attribuée par le VTU-R et sur le besoin de réduction de puissance (PCB) vers l'aval déterminé par le VTU-R.

Les signaux O-P-PROBING-LR peuvent être transmis avec une taille d>IDFT différente de la taille d>IDFT initiale qui était indiquée dans le message CL UIT-T G.994.1. La taille d>IDFT ($2N$) doit être au minimum de 2048 (soit $n \geq 11$).

La PSD des signaux O-P-PROBING-LR doit être conforme à la définition du § B.6.1.1.

Les signaux O-P-PROBING-LR doivent être suivis du signal O-P-QUIET 1-LR.

NOTE – Pendant que le VTU-O émet les signaux O-P-PROBING-LR, il est recommandé que la VCE suspende les mises à jour du précodeur pour les lignes dont le VTU-O se trouve dans l'état O-SHOWTIME.

B.4.4 O-P-QUIET 1-LR

Le signal O-P-QUIET 1-LR doit être identique au signal O-P-QUIET 1.

Pendant qu'il transmet ce signal, le VTU-O effectue toute reconfiguration nécessaire afin de poursuivre l'initialisation selon le fonctionnement choisi, soit en boucle courte ou moyenne (ligne destinée à devenir une ligne VDSL2-LR courte ou moyenne), soit en boucle longue (pour une ligne VDSL2-LR longue).

La durée du signal O-P-QUIET 1-LR doit être de 64 symboles.

Si l'initialisation de la ligne doit se poursuivre par un fonctionnement en boucle courte ou moyenne, le signal O-P-QUIET 1-LR doit être suivi du signal O-P-VECTOR 1 défini au § B.4.7.

Si l'initialisation de la ligne doit se poursuivre par un fonctionnement en boucle longue, le signal O-P-QUIET 1-LR doit être suivi du signal O-P-VECTOR 1-LR.

NOTE – Pendant que le VTU-O émet le signal O-P-QUIET 1-LR, il est recommandé que la VCE suspende les mises à jour du précodeur pour les lignes dont le VTU-O se trouve dans l'état O-SHOWTIME.

B.4.5 O-P-VECTOR 1-LR

Le signal O-P-VECTOR 1-LR doit être identique au signal O-P-VECTOR 1 défini au § 10.3.3.1, hormis les différences suivantes:

- il ne doit intégrer que les sous-porteuses de l'ensemble SUPPORTEDCARRIERS en aval dont l'indice va jusqu'à 511 (jusqu'à environ 2,2 MHz);

- sa PSD doit être identique à la PSD des signaux O-P-TRAINING-LR (voir § B.7.1.1);
- il est transmis avec une taille d'IDFT ($2N$) qui peut être différente de la taille d'IDFT initiale indiquée dans le message CL UIT-T G.994.1, mais qui doit être au minimum de 2048 (soit $n \geq 11$); il n'y a donc pas d'image au-dessus de la sous-porteuse portant l'indice 511.

La durée du signal O-P-VECTOR 1-LR est déterminée par le VTU-O, qui est piloté par la VCE. Celle-ci peut choisir la durée du signal O-P-VECTOR 1-LR selon les besoins afin de synchroniser le début des signaux O-P-TRAINING-LR sur toutes les lignes VDSL2-LR du groupe vectoriel fonctionnant en boucle longue.

La durée du signal O-P-VECTOR 1-LR ne doit pas être supérieure à $M \times 1024 \times 257$ symboles. Si le bit "8192 superframes duration for O-P-VECTOR 1" (La durée du signal O-P-VECTOR 1 est de 8192 superframes) est activé au cours de la phase de prise de contact UIT-T G.994.1 (voir § 10.2), alors $M = 8$. Dans le cas contraire, $M = 1$.

NOTE – Si $M = 8$, la durée maximale du signal O-P-VECTOR 1-LR va dépasser la durée maximale de toutes les autres phases à partir du signal O-P-VECTOR 0 et jusqu'au signal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1 (exclu) (voir § B.4).

Le signal O-P-VECTOR 1-LR doit être suivi des signaux O-P-TRAINING-LR.

Le signal O-P-VECTOR 1-LR est nécessaire pour intégrer des changements potentiels d'impédance pendant la reconfiguration de la ligne VDSL2-LR lorsque le choix a été fait de la faire fonctionner en boucle longue.

NOTE – Le VTU-R utilise le spectre jusqu'à 2,2 MHz pendant l'étape PROBING et peut devoir reconfigurer la ligne pour la faire fonctionner en boucle courte ou moyenne, ce qui peut modifier son impédance et par conséquent avoir un effet sur les paramètres du précodeur pour les lignes dont le VTU-O se trouve dans l'état O-SHOWTIME. L'effet de ces modifications sera pris en compte pendant l'émission du signal O-P-VECTOR 1.

B.4.6 O-P-TRAINING-LR

Les signaux O-P-TRAINING-LR sont définis au § B.7.

Pendant que le VTU-O émet les signaux O-P-TRAINING-LR, le VTU-R émet les signaux R-P-TRAINING-LR. Les signaux O/R-P-TRAINING-LR permettent au VTU-O et au VTU-R d'entraîner leurs annuleurs d'écho (EC) et leurs égaliseurs dans le domaine temporel (TEQ). La PSD des signaux O-P-TRAINING-LR doit être conforme aux dispositions du § B.7.1.1.

Après l'entraînement des EC et des TEQ, les deux VTU sont prêts à établir des communications SOC. Dès lors, une fois que l'échange des signaux O/R-P-TRAINING-LR est achevé, la ligne poursuit son initialisation UIT-T G.993.5 classique en échangeant les messages correspondants par des communications SOC.

La taille d'IDFT pendant l'émission des signaux O-P-TRAINING-LR doit être identique à celle des signaux O-P-VECTOR 1-LR.

NOTE – Pendant que le VTU-O émet les signaux O-P-TRAINING-LR, il est recommandé que la VCE suspende les mises à jour du précodeur pour les sous-porteuses dont l'indice va jusqu'à 511.

La durée des signaux O-P-TRAINING-LR est variable. Leur durée maximale doit respecter la règle définie au § B.4.

Les signaux O-P-TRAINING-LR doivent être suivis du signal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1 et du reste de la phase de découverte de canal, conformément au § B.4.8.

B.4.7 O-P-VECTOR 1

Le signal O-P-VECTOR 1 doit être identique au signal O-P-VECTOR 0 défini au § B.4.2.

La durée du signal O-P-VECTOR 1 ne doit pas être supérieure à $M \times 1024 \times 257$ symboles. Si le bit "8192 superframes duration for O-P-VECTOR 1" (La durée du signal O-P-VECTOR 1 est de 8192 superframes) est activé au cours de la phase de prise de contact UIT-T G.994.1 (voir § 10.2), alors $M = 8$. Dans le cas contraire, $M = 1$.

NOTE – Si $M = 8$, la durée maximale du signal O-P-VECTOR 1 va dépasser la durée maximale de toutes les autres phases à partir du signal O-P-VECTOR 0 et jusqu'au signal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1 (exclu) (voir § B.4).

Le signal O-P-VECTOR 1 doit être suivi du signal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1 et du reste de la phase de découverte de canal, conformément au § B.4.8.

B.4.8 Phase de découverte de canal UIT-T G.993.5

Si le fonctionnement en boucle courte ou moyenne est choisi pendant l'étape PROBING, la phase de découverte de canal UIT-T G.993.5 doit être appliquée avec les modifications définies dans le présent paragraphe. Si c'est le fonctionnement en boucle longue qui est choisi pendant cette étape, il faut appliquer la phase de découverte de canal UIT-T G.993.5 avec les modifications définies au § B.8.

B.4.8.1 O-SIGNATURE (modifie le § 12.3.3.2.1.1 de [UIT-T G.993.2])

Le champ N° 8 "*Downstream nominal maximum aggregate transmit power (MAXNOMATPds)*" (puissance d'émission agrégée maximale nominale en aval) sert à calculer la valeur du paramètre de commande MAXNOMATPds, qui détermine la puissance large bande maximale avec laquelle le VTU-O est autorisé à émettre. La valeur du paramètre MAXNOMATPds communiquée dans le champ N° 28 ne doit pas être supérieure au minimum de 20,5 dBm ni à la valeur de MAXNOMATPds configurée dans la base CO-MIB, quel que soit le profil [UIT-T G.993.2] choisi pendant la phase de prise de contact UIT-T G.994.1 de l'initialisation.

La valeur du paramètre de commande MAXNOMATPds doit être la valeur la moins élevée entre la puissance d'émission agrégée maximale en aval définie pour le profil choisi dans le Tableau 6-1 de [UIT-T G.993.2] et la valeur de MAXNOMATPds indiquée dans le champ N° 8 du message O-SIGNATURE.

NOTE 1 – Il convient de noter que la valeur du paramètre de commande MAXNOMATPds peut être différente de la valeur de MAXNOMATPds communiquée dans le message O-SIGNATURE, ce qui n'est pas le cas dans [UIT-T G.993.2].

NOTE 2 – La valeur du paramètre de commande MAXNOMATPds est connue à la fois du VTU-O et du VTU-R; il n'est donc pas nécessaire que le VTU-O la communique au VTU-R.

B.4.8.2 O-UPDATE (modifie le § 12.3.3.2.1.2 de [UIT-T G.993.2])

Si le bit de boucle courte du message MS UIT-T G.994.1 est fixé à ZÉRO, la sous-porteuse en amont ayant l'indice le plus élevé autorisé par le VTU-O dans le message O-UPDATE (voir Tableau 12-28 de [UIT-T G.993.2]) doit répondre à la condition régissant le fonctionnement en boucle moyenne définie au § B.4.8.3 (c'est-à-dire que le fonctionnement en boucle moyenne est forcé).

B.4.8.3 O-PRM (modifie le § 12.3.3.2.1.3 de [UIT-T G.993.2])

Si le bit de boucle moyenne du message MS UIT-T G.994.1 est fixé à UN, et si la sous-porteuse en amont ayant l'indice le plus élevé autorisé par le VTU-O dans le message O-UPDATE (voir Tableau 12-28 de [UIT-T G.993.2]) et la sous-porteuse en aval ayant l'indice le plus élevé proposé par le VTU-R dans le message R-UPDATE (voir Tableau 12-35 de [UIT-T G.993.2]) ont toutes deux un indice inférieur ou égal à l'indice de sous-porteuse le plus élevé défini pour la bande DS2 dans le plan de bande appliqué, et que les deux indices ne sont pas supérieurs à la valeur 1 971 (8,5 MHz, voir Tableau 6-1 de [UIT-T G.993.2]), la ligne VDSL2-LR doit fonctionner en boucle moyenne. Dans tous les autres cas, la ligne VDSL2-LR doit fonctionner en boucle courte.

Si la ligne VDSL2-LR fonctionne en boucle moyenne, il faut remplacer la valeur du paramètre de commande MAXNOMATPds par une valeur égale à la valeur de MAXNOMATPds indiquée dans le champ N° 8 du message O-SIGNATURE. Si elle fonctionne en boucle courte, la valeur du paramètre de commande MAXNOMATPds n'est pas modifiée, conformément au § B.4.8.1.

Le champ MREFPSds figurant dans le message O-PRM (voir Tableau 12-30 de [UIT-T G.993.2]) doit indiquer une puissance d'émission agrégée inférieure ou égale à cette valeur de MAXNOMATPds.

NOTE – Pour un fonctionnement en boucle moyenne, le champ MREFPSDs pourrait avoir une puissance d'émission agrégée supérieure à la puissance d'émission agrégée maximale en aval (comme le prévoient les Tableaux 6-1 et Q.1 de [UIT-T G.993.2]) pour le profil [UIT-T G.993.2] choisi pendant la phase de prise de contact UIT-T G.994.1 de l'initialisation.

B.4.9 Phase d'entraînement UIT-T G.993.5

Si le fonctionnement en boucle longue est choisi pendant l'étape PROBING, la phase d'entraînement UIT-T G.993.5 doit être appliquée avec les modifications définies au paragraphe B.8. Si c'est le fonctionnement en boucle courte ou moyenne qui est choisi pendant cette étape, il faut appliquer la phase d'entraînement UIT-T G.993.5 originale.

B.5 Signaux envoyés par le VTU-R pendant les phases de découverte de canal et d'entraînement

B.5.1 R-P-QUIET 1

Après la phase de prise de contact UIT-T G.994.1, le VTU-R doit lancer l'initialisation par le signal R-P-QUIET 1 défini au § 12.3.3.3.2.1 de [UIT-T G.993.2].

La durée du signal R-P-QUIET 1 est déterminée par le VTU-O. Dans les 64 symboles après que le VTU-O a mis fin au premier signal O-P-PROBING-LR (O-P-COMB 2-LR, voir § B.6.1.3), le VTU-R doit mettre fin au signal R-P-QUIET 1.

Le signal R-P-QUIET 1 doit être suivi des signaux R-P-PROBING-LR.

B.5.2 R-P-PROBING-LR

Les signaux R-P-PROBING-LR se composent d'un certain nombre de signaux périodiques définis au § B.6.

Pendant qu'elle reçoit les signaux O-P-PROBING-LR, le VTU-R doit déterminer si l'initialisation de la ligne doit se poursuivre soit en boucle courte ou moyenne ((la ligne est alors destinée à devenir une ligne VDSL2-LR courte ou moyenne), soit en boucle longue (pour une ligne VDSL2-LR longue). Dans ce dernier cas, le VTU-R doit aussi attribuer la tonalité pilote et déterminer, au besoin, la réduction de puissance vers l'aval minimale (PCBs, voir Tableau B.10).

Les signaux R-P-PROBING-LR doivent être transmis avec la taille d>IDFT et le type d'images indiqué par le VTU-R dans le bloc "Transmit signal images above the Nyquist frequency" (Signaux d'image en émission au-dessus de la fréquence de Nyquist) dans le message CLR UIT-T G.994.1. La taille d>IDFT peut être différente de la taille d>IDFT initiale indiquée dans le message CL UIT-T G.994.1.

La PSD des signaux R-P-PROBING-LR doit être conforme à la définition du § B.6.2.1.

Les signaux R-P-PROBING-LR doivent être suivis du signal R-P-QUIET 1-LR.

B.5.3 R-P-QUIET 1-LR

Le signal R-P-QUIET 1-LR doit être identique au signal R-P-QUIET 1.

Pendant qu'il transmet ce signal, le VTU-R effectue toute reconfiguration nécessaire afin de poursuivre l'initialisation selon le fonctionnement choisi, soit en boucle courte ou moyenne (ligne destinée à devenir une ligne VDSL2-LR courte ou moyenne), soit en boucle longue (pour une ligne VDSL2-LR longue).

La durée du signal R-P-QUIET 1-LR doit être de 64 symboles.

Si l'initialisation de la ligne doit se poursuivre par un fonctionnement en boucle courte ou moyenne, le signal R-P-QUIET 1-LR doit être suivi du signal R-P-QUIET 1 défini au § 10.3.4.1 et le reste de la phase de découverte de canal doit être conforme aux dispositions du § 10.3, sauf pour ce qui concerne les modifications définies aux § B.4.8 et B.10.4.1.

Si l'initialisation de la ligne doit se poursuivre par un fonctionnement en boucle longue, le signal R-P-QUIET 1-LR doit être suivi du signal R-P-QUIET 2-LR.

B.5.4 R-P-QUIET 2-LR

Le signal R-P-QUIET 2-LR doit être identique au signal R-P-QUIET 1.

La durée du signal R-P-QUIET 2-LR est déterminée par le VTU-O. Dans les 64 symboles après que le VTU-O a mis fin au premier signal O-P-TRAINING-LR (O-P-REVERB 1-LR, voir § B.7.1.1), le VTU-R doit mettre fin au signal R-P-QUIET 2-LR.

Le signal R-P-QUIET 2-LR doit être suivi des signaux R-P-TRAINING-LR.

B.5.5 R-P-TRAINING-LR

Les signaux R-P-TRAINING-LR sont définis au § B.7.

Pendant que le VTU-R émet les signaux R-P-TRAINING-LR, le VTU-O émet les signaux O-P-TRAINING-LR. Les signaux O/R-P-TRAINING-LR permettent au VTU-O et au VTU-R d'entraîner leurs annuleurs d'écho (EC) et leurs égaliseurs dans le domaine temporel (TEQ). La PSD des signaux R-P-TRAINING-LR doit être identique à celle des signaux R-P-PROBING-LR (voir § B.6.1.1).

Après l'entraînement des EC et des TEQ, les deux VTU sont prêts à établir des communications SOC. Une fois que l'échange des signaux O/R-P-TRAINING-LR est achevé, la ligne poursuit son initialisation UIT-T G.993.5 classique en échangeant les messages correspondants par des communications SOC.

La taille d>IDFT pendant l'émission des signaux R-P-TRAINING-LR doit être conforme aux indications envoyées par le VTU-R dans le bloc "Transmit signal images above the Nyquist frequency" (Signaux d'image en émission au-dessus de la fréquence de Nyquist) du message CLR UIT-T G.994.1.

Les signaux R-P-TRAINING-LR doivent être suivis du signal R-P-QUIET 1 défini au § 10.3.4.1 et du reste de la phase de découverte de canal définie au § 10.3.

B.5.6 Phase de découverte de canal UIT-T G.993.5

Si le fonctionnement en boucle longue est choisi pendant l'étape PROBING, la phase de découverte de canal UIT-T G.993.5 doit être appliquée avec les modifications définies au § B.8. Si c'est le fonctionnement en boucle courte ou moyenne qui est choisi pendant cette étape, il faut appliquer la phase de découverte de canal UIT-T G.993.5 avec les modifications définies au § B.5.6.

Dans les deux cas, la valeur du paramètre de commande MAXNOMATPus doit être conforme aux dispositions du § B.10.1.7.

B.5.6.1 R-UPDATE (modifie le § 12.3.3.2.2.2 de [UIT-T G.993.2])

Si le bit de boucle courte du message MS UIT-T G.994.1 est fixé à ZÉRO, la sous-porteuse en aval ayant l'indice le plus élevé proposé par le VTU-R dans le message R-UPDATE (voir Tableau 12-35 de [UIT-T G.993.2]) doit répondre à la condition régissant le fonctionnement en boucle moyenne définie au § B.4.8.3 (c'est-à-dire que le fonctionnement en boucle moyenne est forcé).

B.5.7 Phase d'entraînement UIT-T G.993.5

Si le fonctionnement en boucle longue est choisi pendant l'étape PROBING, la phase d'entraînement UIT-T G.993.5 doit être appliquée avec les modifications définies au paragraphe B.8. Si c'est le fonctionnement en boucle courte ou moyenne qui est choisi pendant cette étape, il faut appliquer la phase d'entraînement UIT-T G.993.5 originale.

B.6 Échange de signaux O/R-P-PROBING-LR

L'échange de signaux O/R-P-PROBING-LR repose sur des signaux définis dans la Recommandation UIT-T G.992.5. Il est soumis à une contrainte: la durée des signaux et les passages entre les différents signaux doivent intervenir aux limites des symboles DMT avec extension cyclique (EC). Cette contrainte est identique à celle qui est définie au § 12.3.6.1 de la Recommandation [UIT-T G.993.2] concernant l'envoi de signaux O/R-P-PERIODIC. Comme le mode VDSL2-LR ne prend en charge que l'extension cyclique obligatoire, la durée de chaque signal est un multiple de 64 symboles avec EC (ou 69 symboles sans EC).

L'échange de signaux O/R-P-PROBING-LR est illustré dans la Figure B.2.

NOTE – L'échange de signaux O/R-P-PROBING-LR dure entre 1,5 s et 1,9 s.

B.6.1 Signaux O-P-PROBING-LR

B.6.1.1 PSD d'émission des signaux O-P-PROBING-LR

La PSD d'émission des signaux O-P-PROBING-LR (*PROBINGPSDds*) doit être déduite du niveau nominal de densité PSD en émission (*NOMPSD*) et des valeurs *log_tssi* échangées dans les blocs paramétriques des limites spectrales en aval et de la conformation du spectre en aval dans le message CL UIT-T G.994.1 pendant la phase de prise de contact UIT-T G.994.1, conformément au § 8.13.2.4 de [UIT-T G.992.3], selon l'équation suivante:

$$PROBINGPSDds(f) = CL_NOMPSDds + log_tssi_ds(f)$$

où *CL_NOMPSDds* est le *NOMPSDds* indiqué par le VTU-O dans le message CL UIT-T G.994.1. La valeur de *CL_NOMPSDds* doit être inférieure ou égale à celle de *MAXNOMPSDds* qui est configurée dans la base CO-MIB (voir § B.10.1.2).

Les limites de la PSD pour les signaux O-P-PROBING-LR doivent être les valeurs de *PSDMASKds*. La valeur de *PROBINGPSDds(f)* ne doit pas être supérieure à celle de *PSDMASKds(f)* moins 3,5 dB, pour toutes les sous-porteuses de l'ensemble *SUPPORTEDCARRIERSds* dont les indices vont jusqu'à 511. La valeur de *PSDMASKds(f)* est définie dans le Tableau 7-4 de [UIT-T G.993.2] et doit être déduite en tenant compte de *LIMITMASKds* conformément au § B.9.

Toutes les sous-porteuses intégrées dans les signaux O-P-PROBING-LR doivent être transmises à la densité spectrale de puissance *PROBINGPSDds*, avec une précision de ± 1 dB au point de référence U-O2.

La puissance d'émission agrégée des signaux O-P-PROBING-LR ne doit pas être supérieure au minimum de la puissance d'émission agrégée maximale vers l'aval telle que définie au § B.9 pour l'Annexe correspondante de [UIT-T G.993.2], ni à la valeur de *MAXNOMATPds* configurée dans la base CO-MIB. Le VTU-O doit déterminer la valeur de *CL_NOMPSDds* et les valeurs *log_tssi_ds* de telle sorte que la puissance d'émission agrégée des signaux O-P-PROBING-LR ne soit pas supérieure à la valeur précitée.

NOTE – Pour un fonctionnement en boucle longue, les signaux O-P-PROBING-LR pourraient avoir une puissance d'émission agrégée supérieure à la puissance d'émission agrégée maximale vers l'aval (telle que définie dans les Tableaux 6-1 et Q.1 de [UIT-T G.993.2]) pour le profil UIT-T G.993.2 choisi pendant la phase de prise de contact UIT-T G.994.1 de l'initialisation. Cependant, ce cas de figure est peu probable car des symboles COMB sont employés dans les signaux O-P-PROBING-LR.

B.6.1.2 Définitions des symboles pour les signaux O-P-PROBING-LR

Le symbole O-P-QUIET est identique au symbole C-QUIET défini au § 8.13.3.1.1 de [UIT-T G.992.3].

Le symbole O-P-COMB doit utiliser l'ensemble de sous-porteuses défini au § 8.13.3.1.2 de [UIT-T G.992.5]. Aux fins de la définition de l'ensemble de sous-porteuses O-P-COMB, la valeur de *NSCds* doit être fixée à 512. Toutes les sous-porteuses O-P-COMB dont les indices relèvent de l'ensemble SUPPORTEDCARRIERSds et sont inférieurs ou égaux à 511 doivent être employées. Ces sous-porteuses doivent être modulées par une modulation d'amplitude en quadrature (MAQ-4). La valeur 11 doit être mappée à ces sous-porteuses. Les points de constellation de ces sous-porteuses doivent être utilisés à tour de rôle en fonction du nombre à 2 bits fourni par l'embrouilleur de quadrant décrit au § 12.3.6.2 de [UIT-T G.993.2]. L'embrouilleur doit être employé en mode rétablissement (voir § 12.3.6.2.1 de [UIT-T G.993.2]).

Le symbole O-P-ICOMB est identique au symbole O-P-COMB, sauf que la valeur 00 est mappée aux mêmes sous-porteuses.

Tous les signaux composés de symboles O-P-COMB ou O-P-ICOMB doivent être mis en œuvre comme des signaux périodiques tels que O/R-P-PERIODIC 1 (voir § 12.3.6.1 de [UIT-T G.993.2]).

B.6.1.3 O-P-COMB 2-LR

L'état O-P-COMB 2-LR a une longueur fixe. Dans cet état, le VTU-O doit émettre 3648 symboles O-P-COMB.

L'état O-P-COMB 2-LR doit être suivi de l'état O-P-QUIET 3-LR.

B.6.1.4 O-P-QUIET 3-LR

L'état O-P-QUIET 3-LR a une longueur variable. Dans cet état, le VTU-O doit émettre un multiple de 64 symboles O-P-QUIET, avec un minimum de 256 et un maximum de 960 symboles. L'état O-P-QUIET 3-LR doit être suivi de l'état O-P-COMB 3-LR.

B.6.1.5 O-P-COMB 3-LR

L'état O-P-COMB 3-LR a une longueur fixe. Dans cet état, le VTU-O doit émettre 64 symboles O-P-COMB.

L'état O-P-COMB 3-LR doit être suivi de l'état O-P-ICOMB 2-LR.

B.6.1.6 O-P-ICOMB 2-LR

L'état O-P-ICOMB 2-LR a une longueur fixe. Dans cet état, le VTU-O doit émettre 64 symboles O-P-ICOMB.

L'état O-P-ICOMB 2-LR doit être suivi de l'état O-P-QUIET 4-LR.

B.6.1.7 O-P-QUIET 4-LR

L'état O-P-QUIET 4-LR a une longueur variable. Dans cet état, le VTU-O doit émettre un multiple de 64 symboles O-P-QUIET, avec un minimum de 1152 et un maximum de 1408 symboles.

Le VTU-O doit recevoir et décoder le contenu du message R-MSG-PCB pendant cet état.

Le VTU-O doit continuer de transmettre les symboles O-P-QUIET jusqu'au moment où le VTU-R aura fini son passage vers l'état R-P-QUIET 4-LR. Dans l'intervalle de 128 symboles après le passage du VTU-R à l'état R-P-QUIET4-LR, le VTU-O doit passer à l'état suivant.

Si le VTU-O réussit à recevoir le message R-P-MSG-PCB, l'état O-P-QUIET 4-LR doit être suivi de l'état O-P-COMB 4-LR. Dans le cas contraire, le VTU-O doit revenir à l'état O-SILENT.

B.6.1.8 O-P-COMB 4-LR

L'état O-P-COMB 4-LR a une longueur fixe. Dans cet état, le VTU-O doit émettre 64 symboles O-P-COMB.

Le signal O-P-COMB 4-LR sert à accuser réception du message R-P-MSG-PCB.

L'état O-P-COMB 4-LR doit être suivi de l'état ICOMB 4-LR.

B.6.1.9 O-P-ICOMB 4-LR

L'état O-P-ICOMB 4-LR a une longueur fixe. Dans cet état, le VTU-O doit émettre 64 symboles O-P-ICOMB.

L'état O-P-ICOMB 4-LR doit être suivi de l'état O-P-MSG-PCB-LR.

B.6.1.10 O-P-MSG-PCB-LR

Dans le sens aval, il faut affiner davantage le réglage de la puissance d'émission en utilisant une valeur de réduction de puissance déterminée par le VTU-O pendant l'étape PROBING, compte tenu du nombre maximum de sous-porteuses utilisées en aval que le VTU-R a demandé dans le message R-P-MSG-PCB-LR.

L'état O-P-MSG-PCB-LR a une longueur fixe. Dans cet état, le VTU-O doit émettre 512 symboles O-P-COMB ou O-P-ICOMB pour moduler le message O-P-MSG-PCB-LR. Ce message achemine le niveau de réduction de puissance déterminé par le VTU-O pour le sens aval.

Le message m de l'état O-P-MSG-PCB-LR est défini de la manière suivante:

$$m = \{ m_7, \dots, m_0 \}$$

Les bits doivent être définis de la manière illustrée dans le Tableau B.9.

Tableau B.9 – Définition des bits pour le message O-P-MSG-PCB-LR

Indice de bit	Paramètre	Définition
3...0	<i>O-PCB_DS</i>	Réduction de puissance vers l'aval finale du VTU-O, en dB, représentée par un entier non signé entre 0 et 15 (valeur sur 4 bits avec le MSB dans le bit 3 et le LSB dans le bit 0) (voir note).
7...4	Réservé par l'UIT-T	Doit être fixé à 0 et ignoré par le récepteur.
NOTE – Cette réduction de puissance doit être également employée à la place de la réduction de puissance en aval minimale indiquée dans le message R-MSG-PCB-LR. Sa valeur doit être inférieure ou égale au paramètre R-MIN_PCB_DS demandé par le VTU-R. Si le VTU-R a indiqué que la ligne doit poursuivre l'initialisation en mode de boucle courte, ce champ doit être fixé à 0 et être ignoré par le VTU-R.		

Les 8 bits m_0 - m_7 doivent être transmis par 512 périodes de symboles (m_0 en premier et m_7 en dernier). Un bit comportant un ZÉRO doit être transmis pour représenter 64 symboles O-P-COMB consécutifs (1 bit pour 69 symboles sans EC). Un bit comportant un doit être transmis pour représenter 64 symboles O-P-ICOMB consécutifs.

L'état O-P-MSG-PCB-LR indique également au VTU-R que l'étape PROBING est achevée.

L'état O-P-MSG-PCB-LR doit être suivi de l'état O-P-QUIET 1-LR.

B.6.2 Signaux R-P-PROBING-LR

B.6.2.1 PSD d'émission des signaux R-P-PROBING-LR

La PSD d'émission des signaux R-P-PROBING-LR (*PROBINGPSD_{us}*) doit être déduite du *NOMPSD* et des valeurs *log_tssi* échangées dans les blocs paramétriques des limites spectrales en amont et de la conformation du spectre en amont dans le message CLR UIT-T G.994.1 pendant la phase de prise de contact UIT-T G.994.1, conformément au § 8.13.2.4 de [UIT-T G.992.3], selon l'équation suivante:

$$PROBINGPSD_{us}(f) = MIN(CL_NOMPSD_{us}, CLR_NOMPSD_{us}) - PCBus + log_tssi_us(f),$$

où *CL_NOMPSD_{us}* est le *NOMPSD_{us}* indiqué par le VTU-O dans le message CL, et *CLR_NOMPSD_{us}* est le *NOMPSD_{us}* indiqué par le VTU-R dans le message CLR UIT-T G.994.1. La valeur de *CL_NOMPSD_{us}* doit être inférieure ou égale à celle de *MAXNOMPSD_{us}* qui est configurée dans la base CO-MIB (voir § B.10.1.2).

Les limites de la PSD pour les signaux R-P-PROBING-LR doivent être les valeurs de *PSDMASK_{us}*. La valeur de *PROBINGPSD_{us}*(*f*) ne doit pas être supérieure à celle de *PSDMASK_{us}*(*f*) moins 3,5 dB, pour toutes les sous-porteuses de l'ensemble *SUPPORTEDCARRIERS_{us}* dans la bande [*f_{0L}*, *f_{0H}*] US0. La valeur de *PSDMASK_{us}*(*f*) est définie dans le Tableau 7-4 de [UIT-T G.993.2] et doit être déduite en tenant compte de *LIMITMASK_{us}* conformément au § B.9.

Le VTU-R doit appliquer la valeur *PCBus* = 10dB si elle détermine que la ligne fonctionne en boucle courte ou moyenne, et la valeur *PCBus* = 0dB si elle détermine que la ligne fonctionne en boucle longue. Elle doit estimer la longueur de la ligne avant d'envoyer le premier symbole actif du signal R-P-PROBING-LR (voir Figure B.2). Elle doit employer ces règles pour déterminer *PCBus*, que le fonctionnement en boucle courte, moyenne ou longue soit ou non autorisé pendant la phase de prise de contact UIT-T G.994.1 (voir § B.3).

La PSD d'émission du signal R-P-LINEPROBE-LR ne doit pas être supérieure à *PROBINGPSD_{us}*.

Toutes les sous-porteuses intégrées dans les signaux R-P-PROBING-LR doivent être transmises à la valeur *PROBINGPSD_{us}* moins la valeur *PCBus*, avec une précision de ±1 dB au point de référence U-R2.

La puissance d'émission agrégée des signaux R-P-PROBING-LR ne doit pas être supérieure à la valeur du paramètre de commande *MAXNOMATP_{us}*, qui est défini au § B.10.1.7. Le VTU-O doit déterminer la valeur de *CL_NOMPSD_{us}* de telle sorte que pour tout paramétrage reconnu de *CLR_NOMPSD_{us}*, *PCBus* et *log_tssi_us* choisi par le VTU-R, la puissance d'émission agrégée du signal R-P-PROBING-LR ne soit pas supérieure à la valeur précitée.

B.6.2.2 Définitions de symboles pour les signaux R-P-PROBING-LR

Le symbole R-P-QUIET est identique au symbole R-QUIET défini au § 8.13.3.2.1 de [UIT-T G.992.3].

Le symbole R-P-COMB doit utiliser l'ensemble de sous-porteuses défini au § 8.13.3.2.2 de [UIT-T G.992.5]. Aux fins de la définition de l'ensemble de sous-porteuses R-P-COMB, la valeur de *NSC_{us}* doit être fixée à 32 ou 64, conformément au gabarit de PSD de la bande US0 défini au § B.9.2.2. Toutes les sous-porteuses R-P-COMB dont les indices se trouvent dans la bande passante du gabarit de PSD de la bande US0 doivent être employées. Ces sous-porteuses doivent être modulées par une modulation d'amplitude en quadrature (MAQ-4). La valeur 11 doit être mappée à ces sous-porteuses. Les points de constellation de ces sous-porteuses doivent être utilisés à tour de rôle en fonction du nombre à 2 bits fourni par l'embrouilleur de quadrant décrit au § 12.3.6.2 de [UIT-T G.993.2]. L'embrouilleur doit être employé en mode rétablissement (voir § 12.3.6.2.1 de [UIT-T G.993.2]).

Le symbole R-P-ICOMB est identique au symbole R-P-COMB, sauf que la valeur 00 est mappée aux mêmes sous-porteuses.

Tous les signaux composés de symboles R-P-COMB ou R-P-ICOMB doivent être mis en œuvre comme des signaux périodiques tels que O/R-P-PERIODIC 1 (voir § 12.3.6.1 de [UIT-T G.993.2]).

B.6.2.3 R-P-COMB 2-LR

L'état R-P-COMB 2-LR a une longueur fixe. Dans cet état, le VTU-R doit émettre 256 symboles R-P-COMB.

L'état R-P-COMB 2-LR doit être suivi de l'état R-P-ICOMB 1-LR si le VTU-R souhaite utiliser l'état R-P-LINEPROBE-LR. Dans les autres cas, l'état R-P-COMB 2-LR doit être suivi de l'état R-P-QUIET 3-LR.

B.6.2.4 R-P-ICOMB 1-LR

L'état R-P-ICOMB 1-LR a une longueur fixe. Dans cet état, le VTU-R doit émettre 64 symboles R-P-ICOMB.

L'état R-P-ICOMB 1-LR doit être suivi de l'état R-P-LINEPROBE-LR.

B.6.2.5 R-P-LINEPROBE-LR

L'état R-P-LINEPROBE-LR a une longueur fixe. Dans cet état, le VTU-R doit émettre un signal qui dépend du fournisseur et dont la durée est de 512 périodes de symboles.

L'état R-P-LINEPROBE-LR doit être suivi de l'état R-P-QUIET 3-LR.

B.6.2.6 R-P-QUIET 3-LR

L'état R-P-QUIET 3-LR a une longueur variable. Dans cet état, le VTU-R doit émettre un multiple de 64 symboles R-P-QUIET, avec un minimum de 128 et un maximum de 320 symboles.

Le VTU-R doit continuer de transmettre les symboles R-P-QUIET jusqu'au moment où le VTU-O aura fini son passage vers l'état O-P-QUIET 4-LR. Dans l'intervalle de 128 symboles après le passage du VTU-O à l'état O-P-QUIET 4-LR, le VTU-R doit passer à l'état suivant.

L'état R-P-QUIET 3-LR doit être suivi de l'état R-P-COMB 3-LR.

B.6.2.7 R-P-COMB 3-LR

L'état R-P-COMB 3-LR a une longueur fixe. Dans cet état, le VTU-R doit émettre 64 symboles R-P-COMB.

L'état R-P-COMB 3-LR doit être suivi de l'état R-P-ICOMB 2-LR.

B.6.2.8 R-P-ICOMB 2-LR

L'état R-P-ICOMB 2-LR a une longueur fixe. Dans cet état, le VTU-R doit émettre 64 symboles R-P-ICOMB.

L'état R-P-ICOMB 2-LR doit être suivi de l'état R-P-MSG-PCB-LR.

B.6.2.9 R-P-MSG-PCB-LR

Dans le sens aval, il faut réduire la puissance d'émission selon une certaine valeur. La valeur minimale de réduction de puissance en aval est déterminée par le VTU-R pendant l'étape PROBING.

NOTE – On peut considérer que la portée dynamique du récepteur est déterminée par l'observation du signal O-P-COMB 2-LR, et que les conditions de ligne locales sont déterminées par le signal facultatif R-P-LINEPROBE-LR au moment où l'on détermine la valeur de la réduction de puissance minimale en aval.

L'état R-P-MSG-PCB-LR a une longueur fixe. Dans cet état, le VTU-R doit émettre 1536 symboles R-P-COMB ou R-P-ICOMB pour moduler le message R-P-MSG-PCB. Dans le sens aval, le message R-P-MSG-PCB achemine la réduction de puissance minimale en aval déterminée par le VTU-R, ainsi que la tonalité pilote en aval utilisée pour la récupération du rythme au cours de différents états.

Le message m de l'état R-P-MSG-PCB est défini de la manière suivante:

$$m = \{ m_{23}, \dots, m_0 \},$$

les bits devant être définis de la manière illustrée dans le Tableau B.10.

Tableau B.10 – Définition des bits pour le message R-P-MSG-PCB-LR

Indice de bit	Paramètre	Définition
[3:0]	<i>R-MIN_PCB_DS</i>	Réduction de puissance minimale vers l'aval du VTU-R, en dB, représentée par un entier non signé entre 0 et 15 (valeur sur 4 bits avec le MSB dans le bit 3 et le LSB dans le bit 0)
[12:4]	<i>O-P-PILOT</i>	Indice de sous-porteuse de la tonalité pilote en aval, représenté par un entier non signé entre 32 et 511 (valeur sur 9 bits avec le MSB dans le bit 12 et le LSB dans le bit 4) (voir Notes 1 et 4)
13	<i>OPTYPE</i>	Doit être fixé à 0 si l'initialisation de la ligne doit se poursuivre en boucle courte ou moyenne (ligne destinée à devenir une ligne VDSL2-LR courte ou moyenne). Doit être fixé à 1 si l'initialisation de la ligne doit se poursuivre en boucle longue (ligne VDSL2-LR longue). (voir Notes 2 et 3)
[22:14]	<i>LAST_TONE_DS</i>	Indice de sous-porteuse de la de la fréquence émise la plus élevée en aval dans l'étape TRAINING, représentée par un entier non signé (valeur sur 9 bits avec le MSB dans le bit 22 et le LSB dans le bit 14) (voir Notes 4 et 5)
23	Réservé par l'UIT-T	Doit être fixé à 0 et être ignoré par le récepteur.

NOTE 1 – La valeur de *O-P-PILOT* indiquée doit servir d'indice de sous-porteuse pilote O-P-TREF (voir § B.7.1.4) pour prendre en charge ou obtenir le rythme du VTU-R pendant l'étape O-P-TRAINING.

NOTE 2 – Si le bit *OPTYPE* est fixé à 0, le VTU-O doit ignorer tous les autres paramètres du message.

NOTE 3 – Si le bit de boucle longue dans le message MS UIT-T G.994.1 est fixé à ZÉRO, le bit *OPTYPE* doit également être fixé à ZÉRO. Si les bits de boucle courte et moyenne du message MS UIT-T G.994.1 sont fixés à ZÉRO, le bit *OPTYPE* doit être fixé à UN (c'est-à-dire que le fonctionnement en boucle longue est forcé).

NOTE 4 – Si le bit *OPTYPE* est fixé à 0 (l'initialisation de la ligne doit se poursuivre en boucle courte ou moyenne), ce champ doit être fixé à 491.

NOTE 5 – Les valeurs reconnues de *LAST_TONE_DS* sont celles qui sont associées aux sous-porteuses de l'ensemble de symboles *O-P-COMB* défini au § B.6.1.2, ainsi que la valeur 511.

Les 24 bits m_0 - m_{23} doivent être transmis par 1536 périodes de symboles (m_0 en premier et m_{23} en dernier). Un bit comportant un ZÉRO doit être transmis pour représenter 64 symboles R-P-COMB consécutifs (1 bit pour 69 symboles sans EC). Un bit comportant un doit être transmis pour représenter 64 symboles R-P-ICOMB consécutifs.

L'état R-P-MSG-PCB-LR doit être suivi de l'état O R-P-QUIET 4-LR.

B.6.2.10 R-P-QUIET 4-LR

L'état R-P-QUIET 4-LR a une longueur fixe. Dans cet état, le VTU-R doit émettre un multiple de 64 symboles R-P-QUIET, avec un minimum de 64 et un maximum de 192 symboles.

Si le VTU-R a réussi à détecter le signal O-P-COMB 4-LR, l'état R-P-QUIET 4-LR doit être suivi de l'état R-P-QUIET 1-LR. Dans le cas contraire, le VTU-R doit revenir à l'état R-SILENT.

B.6.3 Chronologie des signaux O/R-P-PROBING-LR

L'échange de signaux est illustré dans la Figure B.2.

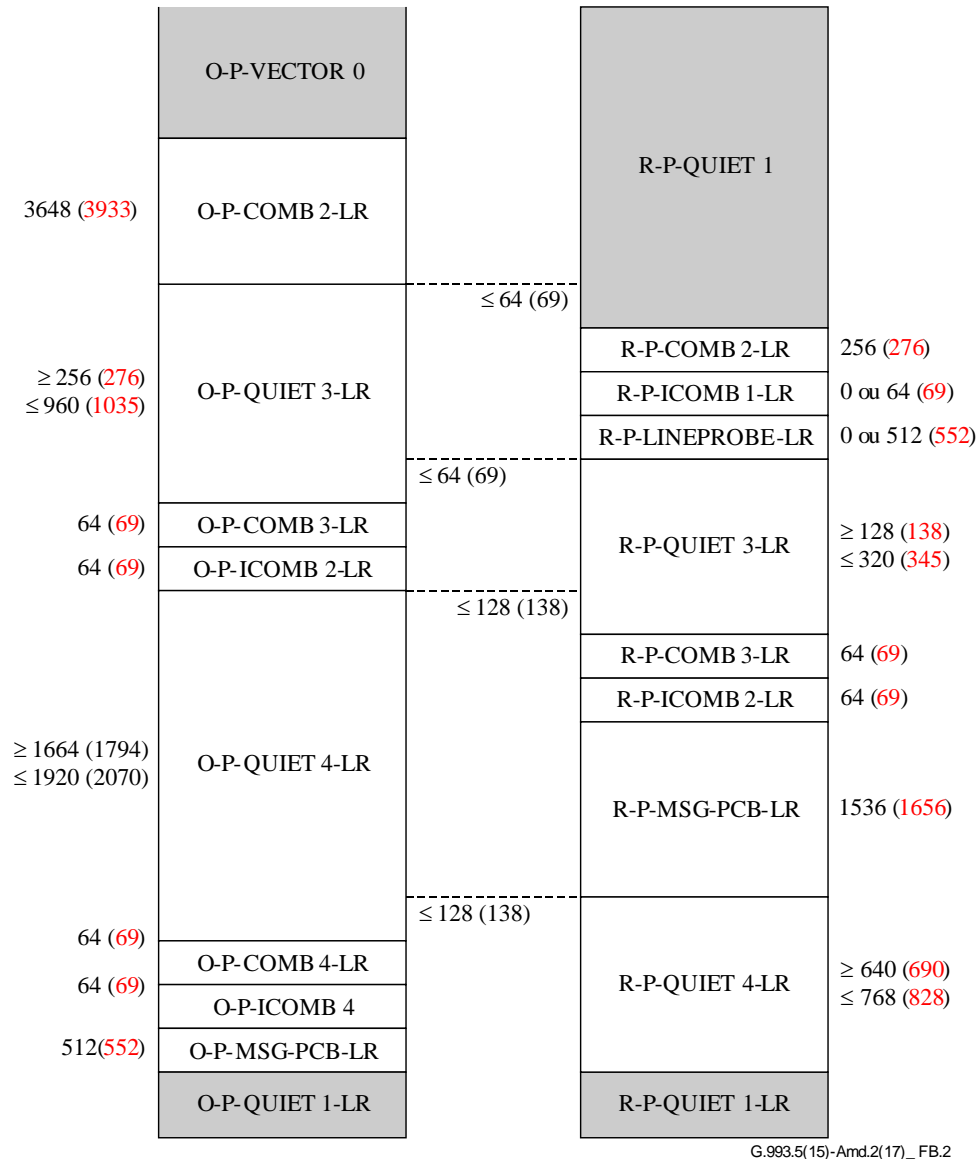


Figure B.2 – Chronologie des signaux O/R-P-PROBING-LR

Dans la Figure B.2, la durée des signaux est exprimée en symboles avec EC (les valeurs entre parenthèses indiquent la durée des signaux exprimée en symboles sans EC). Les signaux sur fond grisé font partie des étapes précédentes ou suivantes de l'initialisation (voir Figure B.1).

B.7 Échange de signaux O/R-P-TRAINING-LR

L'échange de signaux O/R-P-TRAINING-LR illustré dans la Figure B.4 repose sur des signaux définis dans [UIT-T G.992.5]. Il est soumis à une contrainte: le passage d'un signal à l'autre doit intervenir aux limites des symboles DMT avec extension cyclique (EC). La durée de chaque signal est un multiple de 64 symboles avec EC (ou 69 symboles sans EC).

NOTE – L'échange de signaux O/R P PROBING LR permet d'entraîner les égaliseurs dans le domaine temporel (TEQ) et les annuleur d'écho (EC) avant une transmission en duplex. Il dure entre 1,9 s et 9,7 s.

B.7.1 Signaux O-P-TRAINING-LR

B.7.1.1 PSD d'émission des signaux O-P-TRAINING-LR

La PSD d'émission des signaux O P TRAINING LR (*TRAININGPSDs*) doit être déduite du niveau nominal de densité PSD en émission (*NOMPSD*) et des valeurs *log_tssi* échangées dans les blocs paramétriques des limites spectrales en aval et de la conformation du spectre en aval dans le message CL UIT-T G.994.1 pendant la phase de prise de contact UIT-T G.994.1, conformément au § 8.13.2.4 de [UIT-T G.992.3], ainsi que de la valeur *O-PCB_DS* indiquée par le VTU-O pendant l'étape PROBING, selon l'équation suivante:

$$TRAININGPSDs(f) = NOMPSDs - PCBds + ceiled_log_tssi_ds(f),$$

où

$$ceiled_log_tssi_ds(f) = MIN(log_tssi_ds(f) + PCBds, 0 \text{ dB}),$$

et

$$PCBds = O-PCB_DS.$$

Toutes les sous-porteuses intégrées dans les signaux O-P-TRAINING-LR doivent être transmises à la densité spectrale de puissance *TRAININGPSDs*, avec une précision de ± 1 dB au point de référence U-O2.

Les limites de la PSD pour les signaux O-P-TRAINING-LR doivent être les valeurs de *PSDMASKds*. La valeur de *TRAININGPSDs(f)* ne doit pas être supérieure à celle de *PSDMASKds(f)* moins 3,5 dB, pour toutes les sous-porteuses de l'ensemble *SUPPORTEDCARRIERSds* dont les indices vont jusqu'à 511. La valeur de *PSDMASKds* est définie dans le Tableau 7-4 de [UIT-T G.993.2]; elle doit être déduite en tenant compte de *LIMITMASKds* conformément au § B.9 et en employant la sous-porteuse la plus élevée dont l'indice est égal à la valeur de *LAST_TONE_DS* indiquée par le VTU-R pendant l'étape PROBING.

La puissance d'émission agrégée des signaux O-P-TRAINING-LR ne doit pas être supérieure au minimum de la puissance d'émission agrégée maximale vers l'aval, telle que définie au § B.9 pour l'Annexe correspondante de [UIT-T G.993.2], ni à la valeur de *MAXNOMATPds* configurée dans la base CO-MIB.

Le VTU-O doit déterminer la valeur de *CL_NOMPSDs* et les valeurs *log_tssi_ds* et *PCBds* de telle sorte que la puissance d'émission agrégée des signaux O-P-TRAINING-LR ne soit pas supérieure à la valeur précitée.

B.7.1.2 Définitions des symboles pour les signaux O-P-TRAINING-LR

Le symbole O-P-REVERB doit contenir toutes les sous-porteuses dont l'indice va jusqu'à 511. Ces sous-porteuses doivent être modulées par une modulation d'amplitude en quadrature (MAQ-4). La valeur 11 doit être mappée à ces sous-porteuses. Les points de constellation de ces sous-porteuses doivent être utilisés à tour de rôle en fonction du nombre à 2 bits fourni par l'embrouilleur de quadrant décrit au § 12.3.6.2 de [UIT-T G.993.2]. L'embrouilleur doit être employé en mode rétablissement (voir § 12.3.6.2.1 de [UIT-T G.993.2]).

Le symbole O-P-QUIET est identique au symbole défini pour O-P-PROBING-LR.

Le symbole O-P-TREF doit être défini par un symbole de tonalité unique. Seule la sous-porteuse d'indice *O-P-PILOT* spécifié par le VTU-R dans le message R-P-MSG-PCB (c'est-à-dire la tonalité pilote O-P-TREF) doit être transmise. La tonalité pilote O-P-TREF doit moduler le point de constellation {0,0} en MAQ-4. Aucune puissance ne doit être transmise sur les autres sous-porteuses (c'est-à-dire $X_i = Y_i = 0$).

Le symbole O-P-SEGUE est identique au symbole O-P-REVERB, sauf que la valeur 00 est mappée aux mêmes sous-porteuses.

Tous les signaux composés de symboles O-P-REVERB, O-P-SEGUE ou O-P-TREF doivent être mis en œuvre comme des signaux périodiques tels que O/R-P-PERIODIC 1 (voir § 12.3.6.1 de [UIT-T G.993.2]).

Le symbole O-P-PILOT est identique aux symboles transmis pendant la durée du symbole O-P-PILOT 1 de [UIT-T G.993.2] (voir § 12.3.3.3.1.4 de [UIT-T G.993.2]). Seule la sous-porteuse d'indice *O-P-PILOT* spécifié par le VTU-R dans le message R-P-MSG-PCB-LR (c'est à dire la tonalité pilote O-P-TREF) doit être transmise pendant la durée du symbole O-P-PILOT.

B.7.1.3 O-P-REVERB 0-LR

L'état O-P-REVERB 0-LR a une longueur fixe. Dans cet état, le VTU-O doit émettre 3648 symboles O-P-REVERB.

Pendant l'état O-P-REVERB, le VTU-R rétablit la synchronisation de la boucle, règle l'équipement frontal analogique (AFE) et obtient la synchronisation des symboles en aval.

L'état O-P-REVERB 0-LR doit être suivi de l'état O-P-QUIET 5-LR.

B.7.1.4 O-P-QUIET 5-LR

L'état O-P-QUIET 5-LR a une longueur fixe. Dans cet état, le VTU-O doit émettre 128 symboles O-P-QUIET.

Pendant l'état O-P-QUIET 5-LR, le VTU-O détecte l'état R-P-REVERB 1-LR et se prépare alors à émettre dans les deux directions.

L'état O-P-QUIET 5-LR doit être suivi de l'état O-P-REVERB 1-LR.

B.7.1.5 O-P-REVERB 1-LR

L'état O-P-REVERB 1-LR a une longueur fixe. Dans cet état, le VTU-O doit émettre 512 symboles O-P-REVERB.

Pendant l'état O-P-REVERB 1-LR, le VTU-O peut affiner le réglage de sa commande adaptative de gain (AGC) (pendant que le VTU-R se trouve dans l'état R-P-REVERB 1-LR) et appliquer des algorithmes adaptatifs aux équipements frontaux analogiques (AFE).

L'état O-P-REVERB 1-LR doit être suivi de l'état O-P-TREF 1-LR.

B.7.1.6 O-P-TREF 1-LR

L'état O-P-TREF 1-LR a une longueur variable. Dans cet état, le VTU-O doit émettre au minimum 512 symboles et au maximum 15872 symboles O-P-TREF.

Au cours de l'état O-P-TREF 1-LR, le VTU-O peut entraîner ses égaliseurs dans le domaine temporel (TEQ).

L'état O-P-TREF 1-LR doit être suivi de l'état O-P-REVERB 2-LR.

B.7.1.7 O-P-REVERB 2-LR

L'état O-P-REVERB 2-LR a une longueur fixe. Dans cet état, le VTU-O doit émettre 64 symboles O-P-REVERB.

Le passage à un état O-P-REVERB 2-LR indique au VTU-R que le VTU-O a achevé l'entraînement de ses TEQ.

L'état O-P-REVERB 2-LR doit être suivi de l'état O-P-ECT-LR.

B.7.1.8 O-P-ECT-LR

L'état O-P-ECT-LR a une longueur fixe. Dans cet état, le VTU-O doit émettre un signal qui dépend du fournisseur et dont la durée est de 512 périodes de symboles.

Au cours de cet état, le VTU-O peut entraîner ses annuleurs d'écho.

L'état O-P-ECT-LR doit être suivi de l'état O-P-REVERB 3-LR.

B.7.1.9 O-P-REVERB 3-LR

L'état O-P-REVERB 3-LR a une longueur variable. Dans cet état, le VTU-O doit émettre au minimum 448 symboles et au maximum 15936 symboles O-P-REVERB.

L'état O-P-REVERB 3-LR fournit au VTU-R un signal d'entraînement (à priori pour les TEQ).

Le VTU-O doit continuer à transmettre les symboles O-P-REVERB jusqu'à ce que le VTU-R ait achevé de passer à l'état R-P-REVERB 3-LR. Dans les 64 symboles après que le VTU-R est passé à l'état R-P-REVERB 3-LR, le VTU-O doit passer à l'état suivant.

Si le VTU-R a indiqué dans le message CLR UIT-R G.994.1 qu'il demandait au VTU-O de transmettre les symboles O-P-TREF pendant l'état R-P-ECT-LR (c'est-à-dire qu'elle a fixé le bit "FMT-O-P-TREF2" à UN), l'état O-P-REVERB 3-LR doit être suivi de l'état O-P-TREF 2-LR. Si le VTU-R a indiqué qu'il demandait au VTU-O de transmettre les symboles O-P-QUIET pendant l'état R-P-ECT-LR (c'est-à-dire qu'il a fixé le bit "FMT-O-P-TREF2" à ZÉRO), l'état O-P-REVERB 3-LR doit être suivi de l'état O-P-QUIET 6-LR.

B.7.1.10 O-P-TREF 2-LR

L'état O-P-TREF 2-LR a une longueur fixe. Dans cet état, le VTU-O doit émettre 576 symboles O-P-TREF.

L'état O-P-TREF 2-LR facilite l'entraînement des EC au niveau du VTU-R. Le VTU-O doit ignorer le signal transmis par le VTU-R pendant cet état.

L'état O-P-TREF 1-LR doit être suivi de l'état O-P-REVERB 4-LR.

B.7.1.11 O-P-QUIET 6-LR

L'état O-P-QUIET 6-LR a une longueur fixe. Dans cet état, le VTU-O doit émettre 576 symboles O-P-QUIET.

Le VTU-O doit ignorer le signal transmis par le VTU-R pendant cet état.

L'état O-P-QUIET 6-LR doit être suivi de l'état O-P-REVERB 4-LR.

B.7.1.12 O-P-REVERB 4-LR

L'état O-P-REVERB 4-LR a une longueur fixe. Dans cet état, le VTU-O doit émettre 1024 symboles O-P-REVERB.

Au cours de l'état O-P-REVERB 4-LR, le VTU-O peut régler ses paramètres en vue d'émettre dans les deux directions.

L'état O-P-REVERB 4-LR doit être suivi de l'état O-P-SEGUE 1-LR.

B.7.1.13 O-P-SEGUE 1-LR

L'état O-P-SEGUE 1-LR a une longueur fixe. Dans cet état, le VTU-O doit émettre 64 symboles O-P-SEGUE. Le premier symbole O-P-SEGUE 1-LR sert de point temporel de référence pour faciliter la coordination entre le rythme de l'entraînement de la VDSL2-LR et la découverte de canal UIT-T G.993.5 (voir § B.8.1). L'état O-P-SEGUE 1-LR doit être suivi de l'état O-P-PILOT-LR.

B.7.1.14 O-P-PILOT-LR

L'étape O-P-PILOT-LR est destinée à égaliser la durée de l'étape TRAINING entre les différentes lignes du groupe vectoriel. Dans l'état O-P-PILOT-LR, le VTU-O doit transmettre un nombre entier de symboles O-P-PILOT. La durée de l'état O-P-PILOT-LR est variable; elle est pilotée par la VCE et peut se situer entre 128 et 31360 symboles.

Le signal O-P-PILOT est non périodique. La coordination entre les symboles O-P-PILOT et l'état O-P-SEGUE 1-LR doit reposer sur deux points de référence associés à l'échantillon IDFT N° 0 de symboles spécifiques. Il s'agit du premier échantillon du bloc de $2N$ échantillons temporels produits par IDFT.

Le premier point de référence doit être l'échantillon IDFT N° 0 pour le premier symbole de l'état O-P-SEGUE 1-LR, et le second point de référence doit être l'échantillon IDFT N° 0 pour le premier symbole de l'état O-P-PILOT-LR, comme le montre la Figure B.3:

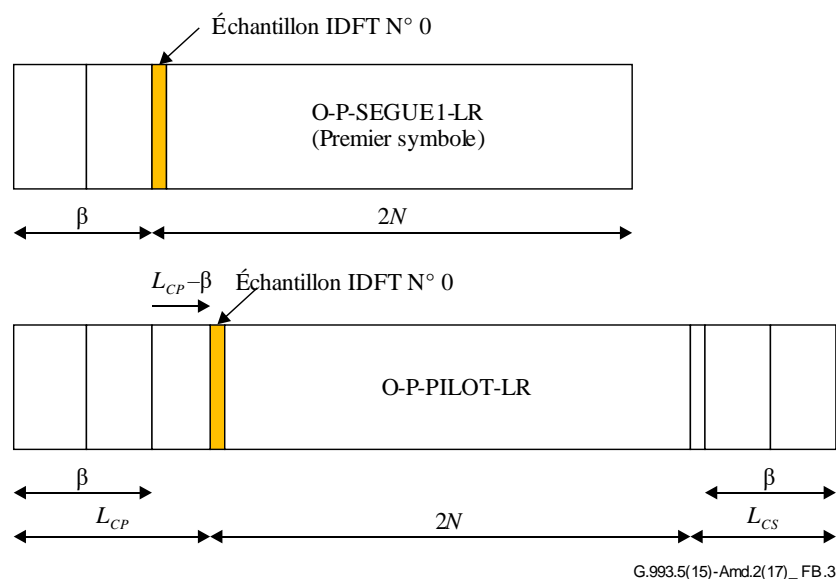


Figure B.3 – Échantillons de référence pour coordonner les symboles en aval entre les états O-SEGUE 1-LR et O-P-PILOT-LR

Le décalage temporel exprimé dans les échantillons entre ces points de référence modulo la période d'un symbole DMT avec EC, soit $2N+L_{CE}$ échantillons, doit être conforme aux indications envoyées par le VTU-O dans la séquence de codage Spar(2) UIT-T G.994.1 intitulée "offset IDFT sample #0" (décalage entre les échantillons IDFT N° 0). Le paramètre "offset IDFT sample #0" doit être un nombre entier d'échantillons à la fréquence de 4,416 MHz.

NOTE – La valeur de ce décalage est égale à $L_{CP}-\beta$, qui est toujours inférieure ou égale à L_{CE} , voir Figure B.4. Si le récepteur a connaissance de ce décalage, le VTU-R peut en déduire la synchronisation des symboles pendant l'état O-P-PILOT-LR et passer à la phase de découverte de canal UIT-T G.993.5 avec la synchronisation acquise pendant l'étape TRAINING de la ligne VDSL2-LR. Il devient alors possible de réutiliser les paramètres des TEQ ainsi que d'autres paramètres d'émetteurs-récepteurs obtenus pendant l'étape TRAINING de la ligne VDSL2-LR.

La VCE utilise l'état O-P-PILOT-LR pour coordonner le début du signal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1 sur toutes les lignes VDSL2-LR (que celles-ci fonctionnent en boucle courte, moyenne ou longue) ainsi que les lignes UIT-T G.993.5 classiques. La durée réelle de l'état O-P-PILOT-LR dépend de la durée des états O-P-TREF 1-LR et O-P-REVERB 3-LR: la somme des durées des états O-P-PILOT-LR, O-P-TREF 1-LR et O-P-REVERB 3-LR ne doit pas être supérieure à la somme des durées maximales des états O-P-TREF 1-LR et O-P-REVERB 3-LR et de la durée minimale de l'état O-P-PILOT-LR, soit $15872+15936+128 = 31936$ symboles.

L'état O-P-PILOT-LR doit être suivi du signal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1 et du reste de la phase de découverte de canal UIT-T G.993.5, avec les modifications indiquées au § B.8.

B.7.2 Signaux R-P-TRAINING-LR

B.7.2.1 PSD d'émission des signaux R-P-TRAINING-LR

La PSD d'émission des signaux R-P-TRAINING-LR ($TRAININGPSD_{us}$) doit être identique à $PROBINGPSD_{us}$:

$$TRAININGPSD_{us}(f) = PROBINGPSD_{us}(f)$$

Toutes les sous-porteuses intégrées dans les signaux R-P-TRAINING-LR doivent être transmises à la densité spectrale de puissance $TRAININGPSD_{us}$, avec une précision de ± 1 dB au point de référence U-O2.

Les limites de la PSD pour les signaux R-P-TRAINING-LR doivent être les valeurs de $PSDMASK_{us}$. Celle-ci est définie au Tableau 7-4 de [UIT-T G.993.2] et doit être déduite en tenant compte de $LIMITMASK_{us}$ conformément au § B.9.

La puissance d'émission agrégée maximale des signaux R-P-TRAINING-LR ne doit pas être supérieure à la valeur du paramètre de commande $MAXNOMATP_{us}$ défini au § B.10.1.7. Le VTU-O doit déterminer la valeur de CL_NOMPSD_{us} de telle sorte que pour tout paramètre valable de CL_NOMPSD_{us} , $PCBus$ et log_tssi_us choisi par le VTU-R, la puissance d'émission agrégée des signaux R-P-TRAINING-LR ne soit pas supérieure à la valeur précitée.

B.7.2.2 Définitions des symboles pour les signaux R-P-TRAINING-LR

Le symbole R-P-QUIET est identique au symbole défini pour R-P-PROBING-LR.

Le symbole R-P-REVERB doit contenir toutes les sous-porteuses dont l'indice va jusqu'à $NSC_{us}-1$, NSC_{us} étant défini au § B.6.2.2. Ces sous-porteuses doivent être modulées par une modulation d'amplitude en quadrature (MAQ-4). La valeur 11 doit être mappée à ces sous-porteuses. Les points de constellation de ces sous-porteuses doivent être utilisés à tour de rôle en fonction du nombre à 2 bits fourni par l'embrouilleur de quadrant décrit au § 12.3.6.2 de la Recommandation [UIT-T G.993.2]. L'embrouilleur doit être employé en mode rétablissement (voir § 12.3.6.2.1 de [UIT-T G.993.2]).

Le symbole R-P-SEGUE est identique au symbole défini pour R-P-REVERB, sauf que la valeur 00 est mappée aux mêmes sous-porteuses.

Tous les signaux composés de symboles R-P-REVERB ou R-P-SEGUE doivent être mis en œuvre comme des signaux périodiques tels que O/R-P-PERIODIC 1 (voir § 12.3.6.1 de [UIT-T G.993.2]).

B.7.2.3 R-P-REVERB 1-LR

L'état R-P-REVERB 1-LR a une longueur fixe. Dans cet état, le VTU-O doit émettre 640 symboles R-P-REVERB.

Pendant l'état R-P-REVERB 1-LR, le VTU-R peut affiner le réglage de sa commande adaptative de gain (AGC), effectuer des récupérations du rythme et appliquer des algorithmes adaptatifs aux équipements frontaux analogiques (AFE).

L'état R-P-REVERB 1-LR doit être suivi de l'état R-P-REVERB 2-LR.

B.7.2.4 R-P-REVERB 2-LR

L'état R-P-REVERB 2-LR a une longueur variable. Dans cet état, le VTU-R doit émettre au minimum 384 symboles et au maximum 16000 symboles R-P-REVERB.

L'état R-P-REVERB 2-LR fournit au VTU-O un signal d'entraînement (à priori pour les TEQ).

Le VTU-R doit continuer à transmettre les symboles R-P-REVERB jusqu'à ce que le VTU-O ait achevé de passer à l'état O-P-REVERB 2-LR. Dans les 64 symboles après que le VTU-O est passé à l'état O-P-REVERB 2-LR, le VTU-R doit passer à l'état suivant.

L'état R-P-REVERB 2-LR doit être suivi de l'état R-P-QUIET 5-LR.

B.7.2.5 R-QUIET5-LR

L'état R-P-QUIET 5-LR a une longueur variable. Dans cet état, le VTU-R doit émettre au minimum 1024 symboles et au maximum 16384 symboles R-P-QUIET. Le nombre de symboles transmis dans l'état R-P-QUIET 5-LR doit être un multiple de 512. Cependant, le dernier symbole R-P-QUIET émis dans l'état R-P-QUIET 5-LR peut être abrégé par tout nombre entier d'échantillons (à la fréquence d'horloge de l'échantillon $2N \times \Delta f$, comme défini au § 10.4.4 de [UIT-T G.993.2]) afin de tenir compte du verrouillage de trames d'émetteur à récepteur.

Pendant cet état, le VTU-R doit ignorer le signal transmis par le VTU-O au cours de l'état O-P-ECT-LR. Pendant que le VTU-O se trouve dans l'état O-P-REVERB 3-LR, le VTU-R peut mesurer les caractéristiques de canal en aval et entraîner ses TEQ. Le VTU-R passe à l'état suivant lorsqu'il a achevé l'entraînement nécessaire.

L'état R-P-QUIET 5-LR doit être suivi de l'état R-P-REVERB 3-LR.

B.7.2.6 R-P-REVERB 3-LR

L'état R-P-REVERB 3-LR a une longueur fixe. Dans cet état, le VTU-R doit émettre 64 symboles R-P-REVERB.

Le passage à l'état R-P-REVERB 3-LR indique au VTU-O que le VTU-R a achevé l'entraînement des TEQ. Il fournit également un marqueur temporel pour l'état R-P-ECT-LR.

L'état R-P-REVERB 3-LR doit être suivi de l'état R-P-ECT-LR.

B.7.2.7 R-P-ECT-LR

L'état R-P-ECT-LR a une longueur fixe. Dans cet état, le VTU-R doit émettre un signal qui dépend du fournisseur et dont la durée est de 512 périodes de symboles.

Au cours de cet état, le VTU-R peut entraîner son annuleur d'écho.

L'état R-P-ECT-LR doit être suivi de l'état R-P-REVERB 4-LR.

B.7.2.8 R-P-REVERB 4-LR

L'état R-P-REVERB 4-LR a une longueur fixe. Dans cet état, le VTU-R doit émettre 1024 symboles R-P-REVERB.

Au cours de l'état R-P-REVERB 4-LR, le VTU-R peut régler ses paramètres en vue d'émettre dans les deux directions.

L'état R-P-REVERB 4-LR doit être suivi de l'état R-P-SEGUE 1-LR. Le passage de l'état R-P-REVERB 4-LR à l'état R-P-SEGUE 1-LR est un marqueur temporel du début de R-P-QUIET 1 et signale que le VTU-R est prêt à recevoir le message O-SIGNATURE.

B.7.2.9 R-P-SEGUE 1-LR

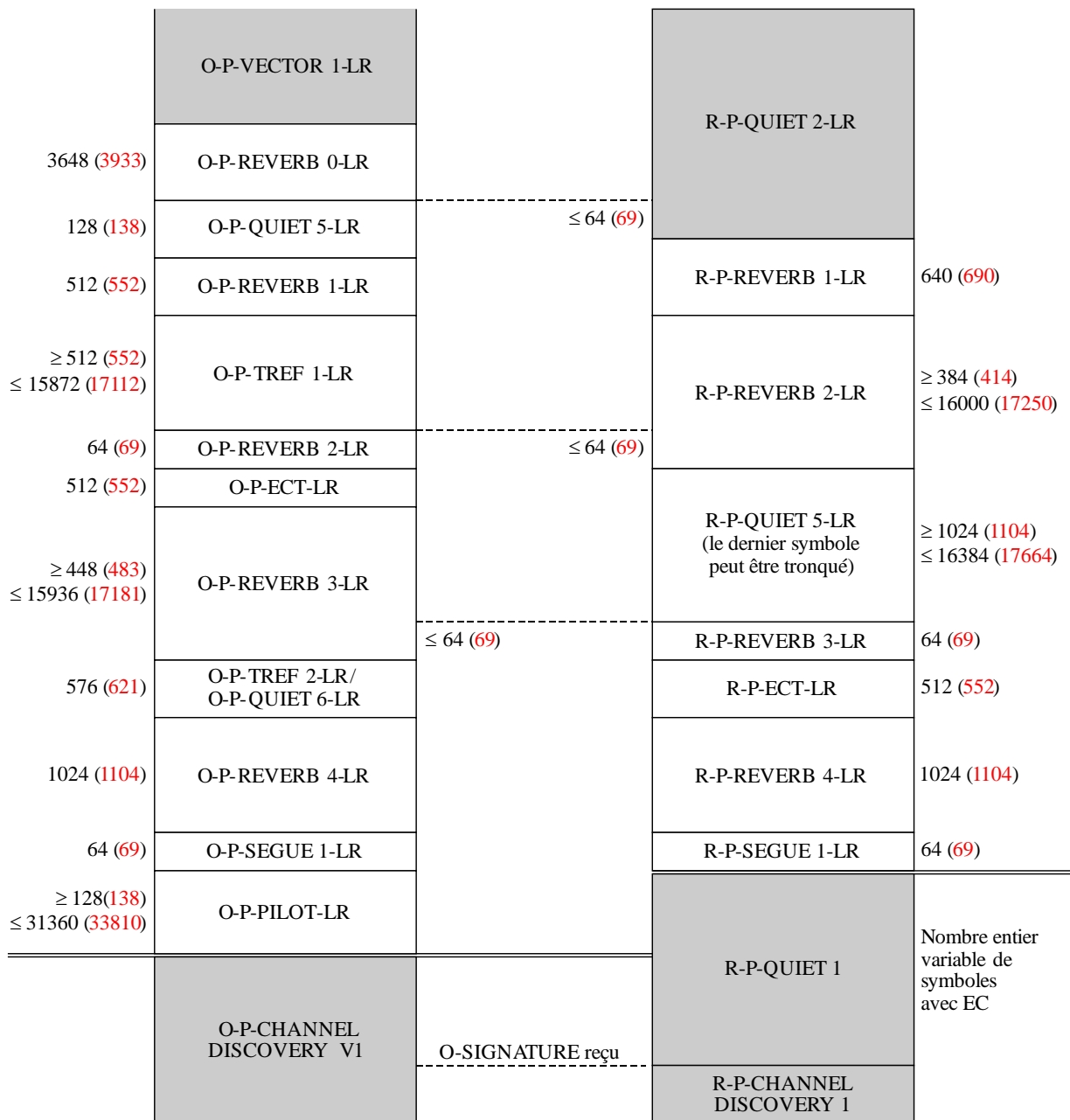
L'état R-P-SEGUE 1-LR a une longueur fixe. Dans cet état, le VTU-R doit émettre 64 symboles R-P-SEGUE. Le premier symbole R-P-SEGUE 1-LR sert de point de référence pour conserver la synchronisation entre l'entraînement de la ligne VDSL-LR et la découverte de canal UIT-T G.993.5 (voir § B.8.3).

Le passage à l'état suivant constitue un marqueur temporel signalant la fin de l'étape TRAINING et indiquant que le VTU-R est prêt à recevoir le message O-SIGNATURE.

L'état R-P-SEGUE 1-LR doit être suivi de l'état R-P-QUIET1 UIT-T G.993.5.

B.7.3 Chronologie des signaux O/R-P-TRAINING-LR

L'échange de signaux est illustré dans la Figure B.4.



G.993.5(15)-Amd.2(17)_FB.4

Figure B.4 – Chronologie des signaux O/R-P-TRAINING-LR

Dans la Figure B.4, la durée des signaux est exprimée en symboles avec EC (les valeurs entre parenthèses sont la durée des signaux exprimée en symboles sans EC). Les signaux sur fond grisé font partie des étapes précédentes ou suivantes de l'initialisation (voir Figure B.1).

NOTE – Le récepteur peut raccourcir l'entraînement des TEQ si cet entraînement va se poursuivre pendant l'initialisation de la ligne VDSL2. Si l'entraînement est plus court, la durée de cette étape est d'environ 1,9 s.

B.8 Phases de découverte de canal et d'entraînement UIT-T G.993.5 en boucle longue

Le présent paragraphe contient quelques exigences supplémentaires concernant les phases de découverte de canal et d'entraînement UIT-T G.993.5 qui s'appliquent lorsqu'un fonctionnement en boucle longue est choisi pour la ligne VDSL2-LR (voir § B.4.8, B.4.9, B.5.6 et B.5.7).

Le paramétrage du trajet de transmission entre la sortie de l'IDFT et l'interface U correspondante du VTU-R et du VTU-O, qui a été établi pendant l'étape TRAINING, doit être conservé pendant les phases de découverte de canal et d'entraînement UIT-T G.993.5. La taille et le type d'IDFT de l'image employés pendant les phases de découverte de canal et d'entraînement UIT-T G.993.5 doivent être identiques à ceux qui ont été employés pendant l'étape TRAINING.

B.8.1 Phases de découverte de canal UIT-T G.993.5 en boucle longue

L'ensemble SUPPORTEDCARRIERS_{ds} doit être limité à l'indice de sous-porteuse 511.

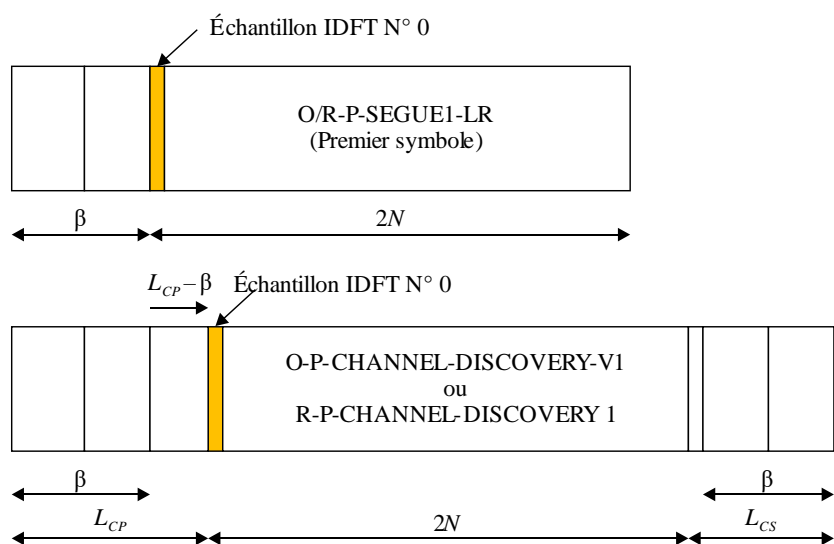
L'ensemble SUPPORTEDCARRIERS_{us} doit être limité à l'indice de sous-porteuse 31 pour la bande US0 de type A, et à l'indice de sous-porteuse 63 pour la bande US0 de type B et M.

B.8.1.1 Passage à la phase de découverte de canal UIT-T G.993.5

Dans le sens aval, les symboles de la phase de découverte de canal UIT-T G.993.5 doivent être coordonnés avec les symboles de l'état O-P-PILOT-LR.

Dans le sens amont, le passage de la ligne VDSL2-LR de l'étape TRAINING à la phase de découverte de canal UIT-T G.993.5 doit être coordonné au moyen de deux points de référence associés à l'échantillon IDFT N°0, qui contient des symboles spécifiques. Cet échantillon est le premier du bloc de $2N$ échantillons produit par l'IDFT.

Le premier point de référence doit être l'échantillon IDFT N° 0 du premier symbole de l'état R-P-SEGUE 1-LR; le second point de référence doit être l'échantillon IDFT N° 0 du premier symbole du signal R-P-CHANNEL DISCOVERY 1, comme le montre la Figure B.5:



G.993.5(15)-Amd.2(17)_FB.5

Figure B.5 – Échantillons de référence pour coordonner les symboles en amont entre l'étape TRAINING de la ligne VDSL2-LR et la phase de découverte de canal UIT-T G.993.5

Le décalage temporel exprimé dans les échantillons entre ces points de référence modulo la période d'un symbole DMT avec EC, soit $2N + L_{CE}$ échantillons, doit être conforme aux indications envoyées par le VTU-R dans la séquence de codage Spar(2) UIT-T G.994.1 intitulée "offset IDFT sample #0" (décalage entre les échantillons IDFT N° 0). Le paramètre "offset IDFT sample #0" indiqué par le VTU-R doit être un nombre entier d'échantillons à la fréquence de 276 MHz.

NOTE – La valeur de ce décalage est égale à $L_{CP} - \beta$, qui est toujours inférieure ou égale à L_{CE} , voir Figure B.5. Si le VTU-O a connaissance de ce décalage, il peut déduire la synchronisation des symboles pendant la phase de découverte de canal UIT-T G.993.5 à partir de la synchronisation acquise pendant l'étape TRAINING de la ligne VDSL2-LR. Il devient alors possible de réutiliser les paramètres des TEQ ainsi que d'autres paramètres d'émetteurs-récepteurs obtenus pendant l'étape TRAINING de la ligne VDSL2-LR.

B.8.1.2 Utilisation de l'état PILOT pendant le signal R-P-LINEPROBE

Si le signal R-P-LINEPROBE UIT-T G.993.5 est demandé, le VTU-O doit émettre le signal O-P-PILOT 1 et passer à l'état O-P-PERIODIC 1 dans les 640 symboles après la fin de l'émission du signal O-P-SYNCHRO 1. Le signal O-P-PILOT 1 doit utiliser l'indice de tonalité indiqué pendant l'étape PROBING.

B.8.1.3 Remplacement des signaux R-P-VECTOR

Comme l'annulation de la diaphonie vers l'amont n'est pas active lorsque la ligne VDSL2-LR fonctionne en boucle longue, les signaux R-P-VECTOR sont retirés ou remplacés par d'autres signaux.

Le signal R-P-VECTOR 1 doit être remplacé par le signal R-P-CHANNEL DISCOVERY 1 avec un message SOC qui envoie l'état R-IDLE jusqu'à la réception du signal O-P-SYNCHRO-V1. Après cette réception, le VTU-R doit envoyer l'état R-IDLE pendant au moins 512 symboles avant d'émettre le message R-MSG 1.

B.8.1.4 O-SIGNATURE (modifie le § 12.3.3.2.1.1 de [UIT-T G.993.2])

Le champ N° 8 "*Downstream nominal maximum aggregate transmit power (MAXNOMATPds)*" (puissance d'émission agrégée maximale nominale en aval) indique la valeur du paramètre de commande MAXNOMATPds, qui détermine la puissance large bande maximale avec laquelle le VTU-O est autorisé à émettre. La valeur du paramètre MAXNOMATPds ne doit pas être supérieure au minimum de la puissance d'émission agrégée maximale en aval définie au § B.9 pour l'annexe correspondante de [UIT-T G.993.2], ni à la valeur de MAXNOMATPds configurée dans la base CO-MIB, quel que soit le profil [UIT-T G.993.2] choisi pendant la phase de prise de contact UIT-T G.994.1 de l'initialisation.

B.8.1.5 Réglages de la PSD pendant la phase de découverte de canal UIT-T G.993.5

Les réglages de la PSD prévus au cours de la phase de découverte de canal UIT-T G.993.5 comprennent les modifications éventuelles de la sous-porteuse la plus élevée employée vers l'aval et la PSD d'émission réelle en aval. Du fait de ces réglages, la PSD d'émission en aval peut être différente de celle qui est a été définie pendant l'étape PROBING. Pour éviter que le canal de transmission ne change et que le réglage de la TEQ ne se détériore en conséquence, ces réglages de la PSD doivent être effectués exclusivement dans le domaine des fréquences.

B.8.2 Phase d'entraînement UIT-T G.993.5 en boucle longue

Au cours du passage à la phase d'entraînement UIT-T G.993.5 en boucle longue, le VTU-R doit conserver la synchronisation des symboles. Pour faciliter la synchronisation de la boucle, les symboles de silence du signal O-P-VECTOR 1-1 doivent être remplacés par des symboles contenant une seule sous-porteuse, dont l'indice de tonalité pilote en aval est indiqué dans le message R-P-MSG-PCB. La tonalité pilote doit être modulée avec le point de constellation (0,0).

Pour que la position de l'échantillon IDFT N° 0 soit conservée entre les phases de découverte de canal et d'entraînement vers l'aval, la durée du signal R-P-QUIET V1 doit être un nombre entier de symboles DMT.

B.8.2.1 Remplacement des signaux R-P-VECTOR

Le signal R-P-VECTOR 1-1 ne doit pas être envoyé; en d'autres termes, le premier signal de la phase d'entraînement de l'émetteur-récepteur est R-P-TRAINING 1.

Le signal R-P-VECTOR 1-2 doit être remplacé par R-P-TRAINING 1-2. Le signal R-P-TRAINING 1-2 doit être identique à R-P-TRAINING 1.

Les symboles de synchronisation du signal R-P-VECTOR 2 doivent être remplacés par des symboles R-P-TRAINING 2 et le canal SOC étendu doit être activé.

B.9 Définition des gabarits limites de PSD

Le présent paragraphe contient la définition des gabarits limites de PSD et des exigences de puissance d'émission agrégée (ATP) maximale dans le cas d'une ligne VDSL2-LR fonctionnant en boucle longue. Ces exigences s'appliquent à l'étape TRAINING-LR, au reste de l'initialisation et à l'état SHOWTIME.

B.9.1 Fonctionnement selon l'Annexe A de [UIT-T G.993.2]

Le fonctionnement de la ligne VDSL2-LR selon un mode conforme à l'Annexe A de [UIT-T G.993.2] n'est pas défini.

B.9.2 Fonctionnement selon l'Annexe B de [UIT-T G.993.2]

B.9.2.1 Gabarit limite de PSD en aval et puissance d'émission agrégée maximale

Le type de PSD est choisi pour la bande US0 dans le message MS UIT-T G.994.1. La valeur correspondante de LIMITMASKds pour le mode VDSL2-LR doit être conforme aux indications du Tableau B.7A de [UIT-T G.993.2] pour un gabarit de PSD B8-11 (pour la bande US0 de type A), B8-12 (pour la bande US0 de type B) et B8-17 (pour la bande US0 de type M), avec une extension linéaire à -100 dBm/Hz de 3,925 MHz à 30 MHz et une extension linéaire à -110 dBm/Hz au-dessus de 30 MHz, et avec la modification définie dans le Tableau B.11.

La puissance d'émission agrégée maximale en aval (définie aux § B.6.1.1 et B.8.1.4) doit être de 20,5 dBm, indépendamment du profil de la ligne VDSL2 et du type de bande US0 choisis pendant la phase de prise de contact UIT-T G.994.1.

Tableau B.11 – Modification de la valeur de LIMITMASKds en mode VDSL2-LR

Fréquence (kHz)	Valeur de LIMITMASKds en mode VDSL2-LR (dBm/Hz)
f_1	-36,50
$f_1 + 138$	-33,50
948,75	-33,50
1104	-36,50
NOTE – La valeur de f_1 est 138 kHz pour la bande US0 de type A et 276 kHz pour la bande US0 de types B et M.	

B.9.2.2 Gabarit limite de PSD en amont

Le type de PSD est choisi pour la bande US0 dans le message MS UIT-T G.994.1. La valeur correspondante de LIMITMASKus pour le mode VDSL2-LR doit être conforme aux indications du Tableau B.6A de [UIT-T G.993.2] pour un gabarit de PSD B8-11 (pour la bande US0 de type A), B8-12 (pour la bande US0 de type B) et B8-17 (pour la bande US0 de type M), avec une extension linéaire à -100 dBm/Hz de 686 kHz à 30 MHz et une extension linéaire à -110 dBm/Hz au-dessus de 30 MHz.

La valeur NSCus doit être fixée à 32 pour la bande US0 de type A et à 64 pour les bandes US0 de type B et M.

B.9.3 Fonctionnement selon l'Annexe C de [UIT-T G.993.2]

Le fonctionnement de la ligne VDSL2-LR selon un mode conforme à l'Annexe C de [UIT-T G.993.2] n'est pas défini.

B.9.4 Fonctionnement selon l'Annexe N de [UIT-T G.993.2]

Le fonctionnement de la ligne VDSL2-LR selon un mode conforme à l'Annexe N de [UIT-T G.993.2] n'est pas défini.

B.10 Gestion

Le présent paragraphe contient les paramètres de configuration, d'état et d'inventaire de la base CO-MIB propres à un fonctionnement en mode VDSL2-LR. Ces paramètres doivent être pris en charge si le VTU-O prend en charge le mode VDSL2-LR.

B.10.1 Paramètres de configuration

B.10.1.1 Activation du mode VDSL2-LR (VDSL2-LR_ENABLE)

Le paramètre de configuration VDSL2-LR_ENABLE (voir § 7.3.1.16.1 de [UIT-T G.997.1]) indique quels types de fonctionnement sont autorisés pour la ligne VDSL2-LR. Il est défini comme une trame et présente les types suivants:

- Boucle courte: le fonctionnement en boucle courte conformément à la présente Annexe est autorisé.
- Boucle moyenne: le fonctionnement en boucle moyenne conformément à la présente Annexe est autorisé.
- Boucle longue: le fonctionnement en boucle longue conformément à la présente Annexe est autorisé.

Si aucun de ces types de fonctionnement n'est autorisé, le mode VDSL2-LR (c'est-à-dire un fonctionnement conforme à la présente Annexe) est désactivé ("disabled"). Si au moins l'un de ces types est autorisé, le mode VDSL2-LR est activé ("enabled") (voir Tableau B.1).

B.10.1.2 Densité spectrale de puissance nominale maximale en aval (MAXNOMPSDds)

Le paramètre de configuration MAXNOMPSDds (voir § 7.3.1.2.1 de [UIT-T G.997.1]) définit, pour la ligne considérée, la valeur maximale de la *NOMPSDds* (employée pour déterminer la *PROBINGPSDds*, voir § B.6.1.1) conformément aux indications fournies par le VTU-O dans les limites spectrales en aval du message CL UIT-T G.994.1.

B.10.1.3 Densité spectrale de puissance nominale maximale en amont (MAXNOMPSDus)

Le paramètre de configuration MAXNOMPSDus (voir § 7.3.1.2.2 de [UIT-T G.997.1]) définit, pour la ligne considérée, la valeur maximale de la *NOMPSDus* (employée pour déterminer la *PROBINGPSDus*, voir § B.6.2.1) conformément aux indications fournies par le VTU-O dans les limites spectrales en amont du message CL UIT-T G.994.1.

B.10.1.4 Gabarit de PSD en aval (MIBMASKds) (modifie le § 7.2.1.1 de [UIT-T G.993.2])

Le paramètre de configuration MIBMASKds (voir § 7.3.1.2.9 de [UIT-T G.997.1]) représente le gabarit de PSD de la base d'informations de gestion (MIB). Il doit être inférieur ou égal au maximum du gabarit limite de PSD indiqué dans l'Annexe choisie de [UIT-T G.993.2] et, si le mode VDSL2-LR est activé (voir § B.10.1.1), au gabarit limite de PSD défini au § B.9. Sa définition doit dépendre du système de gestion du réseau (mécanisme piloté par la MIB) conformément à [UIT-T G.997.1].

Les points d'inflexion employés pour établir le gabarit de PSD de la MIB doivent être définis de telle sorte que le minimum du gabarit limite de PSD indiqué dans l'Annexe choisie et le gabarit de PSD de la MIB puissent être établis en utilisant au plus 32 points d'inflexion dans les fourchettes de fréquences pour lesquelles le gabarit de PSD de la MIB est défini.

B.10.1.5 Choix de la classe de gabarits de PSD pour une ligne VDSL2 (CLASSMASK)

Si le mode VDSL2-LR est activé (voir § B.10.1.1), le paramètre de configuration CLASSMASK (voir § 7.3.1.2.15 de [UIT-T G.997.1]) doit prendre la valeur de l'une des classes de gabarits 997-M2x, 998-M2x, 998ADE-M2x, 998E35-M2x ou 998ADE35-M2x définies dans l'Annexe B.

B.10.1.6 Puissance d'émission agrégée nominale maximale en aval (MAXNOMATPds)

Le paramètre de configuration MAXNOMATPds est défini dans la base CO-MIB (voir § 7.3.1.2.3 de [UIT-T G.997.1]). Il établit:

- un plafond pour la puissance d'émission agrégée en aval employée pendant l'étape PROBING pour tous les types de fonctionnement (boucles courte, moyenne ou longue);
- un plafond pour la puissance d'émission agrégée en aval employée pendant l'étape TRAINING pour le fonctionnement en boucle longue;
- un plafond pour la puissance d'émission agrégée en aval employée pendant l'émission du signal O-P-VECTOR 1 pour le fonctionnement en boucles courte ou moyenne;
- un plafond pour le paramètre de commande *MAXNOMATPds* dans le message O-SIGNATURE pour tous les types de fonctionnement (boucles courte, moyenne ou longue); et
- un plafond pour le paramètre de commande *MAXNOMATPds* recalculé afin de déterminer la valeur de MREFPSDs pendant la phase d'analyse de canal et d'échange UIT-T G.993.5 pour le fonctionnement en boucle moyenne.

La valeur du paramètre MAXNOMATPds défini dans la base CO-MIB doit être inférieure ou égale à 20,5 dBm.

NOTE – Dans la présente Annexe, la valeur du paramètre MAXNOMATPds dans la base CO-MIB peut être supérieure à la puissance d'émission agrégée maximale en aval indiquée dans le Tableau 6.1 de [UIT-T G.993.2].

B.10.1.7 Puissance d'émission agrégée nominale maximale en amont (MAXNOMATPus)

Le paramètre de commande *MAXNOMATPus* est déterminé par la puissance d'émission agrégée maximale en amont indiquée dans le Tableau 6-1 de [UIT-T G.993.2].

NOTE – Aucun paramètre de commande *MAXNOMATPus* n'est défini dans la base CO-MIB (voir Tableau 7.15 de [UIT-T G.997.1]).

B.10.2 Paramètres d'état

B.10.2.1 Type de fonctionnement réel de la ligne VDSL2-LR (VDSL2-LR_ACTOPTYPE)

Le paramètre d'état du mode VDSL2-LR_ACTOPTYPE (voir § 7.5.1.44.1 de [UIT-T G.997.1]) indique le type de fonctionnement réel de la ligne (que ce choix ait été fait de manière autonome par le VTU-R ou qu'il ait été forcé par le biais de la base CO-MIB).

Les valeurs reconnues sont les suivantes:

- "*No operation type selected*" (Aucun type de fonctionnement choisi): le fonctionnement de la ligne n'est pas conforme à la présente Annexe.

Le bit Spar(2) de la ligne VDSL2-LR est fixé à 0 dans le message MS UIT-T G.994.1.

- "*Short loop*" (Boucle courte): fonctionnement en boucle courte conformément à la présente Annexe.

Le bit Spar(2) de la ligne VDSL2-LR est fixé à 1 dans le message MS UIT-T G.994.1, le fonctionnement en boucle courte ou moyenne est choisi pendant l'étape PROBING et la condition requise pour fonctionner en boucle courte (définie au § B.4.8.3) est remplie.

- "*Medium loop*" (Boucle moyenne): fonctionnement en boucle moyenne conformément à la présente Annexe.

Le bit Spar(2) de la ligne VDSL2-LR est fixé à 1 dans le message MS UIT-T G.994.1, le fonctionnement en boucle courte ou moyenne est choisi pendant l'étape PROBING et la condition requise pour fonctionner en boucle moyenne (définie au § B.4.8.3) est remplie.

- "*Long loop*" (Boucle longue): fonctionnement en boucle longue conformément à la présente Annexe.

Le bit Spar(2) de la ligne VDSL2-LR est fixé à 1 dans le message MS UIT-T G.994.1 et le fonctionnement en boucle longue est choisi pendant l'étape PROBING.

B.10.3 Paramètres d'inventaire

B.10.3.1 Prise en charge du mode VDSL2-LR (VDSL2-LR_SUPPORT_O/R)

Les paramètres d'inventaire VDSL2-LR_SUPPORT_O (voir § 7.4.14.1 de [UIT-T G.997.1]) et VDSL2-LR_SUPPORT_R (voir § 7.4.14.1 de [UIT-T G.997.1]) indiquent, respectivement pour le VTU-O et le VTU-R, que le fonctionnement en mode VDSL2-LR n'est pas pris en charge (paramètre fixé à 0) ou qu'il est pris en charge (paramètre fixé à 1).

B.10.4 Paramètres d'essai

B.10.4.1 Taille du groupe des paramètres d'essai

Si le bit "*Support of VDSL2-LR*" (Prise en charge du mode VDSL2 LR) était fixé à UN dans le message MS UIT-T G.994.1 le plus récent, la taille du groupe doit être déterminée en appliquant l'équation indiquée au § 11.4.1 de [UIT-T G.993.2], la valeur θ étant égale à l'indice de sous-porteuse le plus élevé de l'ensemble MEDLEY pour les paramètres d'essai mesurés pendant la phase de découverte de canal mais aussi pendant d'autres phases.

NOTE – Le présent paragraphe s'applique au mode VDSL2-LR, que le fonctionnement choisi soit en boucle courte, moyenne ou longue.

B.11 Puissance d'émission agrégée nominale (NOMATP) (remplace le § 10.3.4.2.1 de [UIT-T G.993.2])

NOTE – Sauf indication contraire, les références figurant dans le présent paragraphe renvoient à [UIT-T G.993.2].

La puissance d'émission agrégée nominale (NOMATP) doit être calculée par l'équation suivante:

$$\text{NOMATP} = 10 \log_{10} \Delta f + 10 \log_{10} \left(\sum_{i \in \text{MEDLEY set}} \left(10^{\frac{\text{MREFPSD}[i]}{10}} g_i^2 \right) \right)$$

où MREFPSD[i] et g_i sont respectivement les valeurs de MREFPSD en dBm/Hz et de gain (échelle linéaire) pour la sous-porteuse i provenant de l'ensemble MEDLEY (voir § 12.3.3.2.1.3), et Δf est l'espacement de sous-porteuse en Hz.

La puissance NOMATP en aval (NOMATPds) doit être calculée pour les sous-porteuses provenant de l'ensemble MEDLEY en aval (MEDLEYds). La puissance NOMATP en amont (NOMATPus) doit être calculée pour les sous-porteuses provenant de l'ensemble MEDLEY en amont (MEDLEYus).

La puissance NOMATPds maximale pendant la phase d'analyse de canal et d'échange UIT-T G.993.5 et pendant la phase active est déterminée par le paramètre de commande MAXNOMATPds. La valeur de ce paramètre est déduite, pendant l'initialisation, de la valeur du paramètre MAXNOMATPds qui se trouve dans la base CO-MIB et de la valeur du paramètre MAXNOMATPds qui est indiquée dans le champ N° 8 du message O-SIGNATURE, ainsi que du type de fonctionnement (boucle courte, moyenne ou longue).

Les réglages de g_i au niveau du VTU-O et du VTU-R doivent être tels que les valeurs de NOMATPds et NOMATPus ne soient pas être supérieures, respectivement, au paramètre de commande MAXNOMATPds et MAXNOMATPus.

Appendice I

Modélisation des canaux de diaphonie

(Cet Appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation.)

I.1 Portée

Cet Appendice présente des modèles stochastiques dans le contexte de canaux de couplage de télédiaphonie à entrées multiples et sorties multiples (MIMO), pour des systèmes de transmission fonctionnant sur des lignes d'abonné numérique (DSL) qui empruntent des câbles à paires torsadées. Pour un certain nombre de systèmes DSL, le couplage de télédiaphonie entre ces systèmes peut être modélisé comme un système MIMO.

Les modèles sont déduits d'une analyse statistique des mesures de l'énergie qui entre dans les paires d'un câble en provenant d'autres paires du même câble. Les données sur lesquelles le modèle repose ont été recueillies à partir de mesures effectuées sur des boucles locales réelles déployées dans différentes régions de la planète.

I.2 But

Le présent Appendice a pour but d'offrir au secteur des télécommunications un outil permettant de simuler un couplage de télédiaphonie entre plusieurs lignes DSL.

I.3 Modèle A de canaux de diaphonie MIMO

On trouvera un modèle de canaux de diaphonie destiné à l'Amérique du Nord et à l'Europe dans le document [b-ATIS-0600024]. Ce modèle repose sur des données recueillies à partir de mesures effectuées sur des boucles locales réelles déployées en Amérique du Nord et en Europe. Le document [b-ATIS-0600024] présente un modèle de canaux de diaphonie MIMO fondé sur ces mesures, ainsi que des arguments en faveur de ce modèle.

I.4 Modèle C de canaux de diaphonie MIMO

Les données sur lesquelles repose ce modèle ont été recueillies à partir de mesures effectuées sur des boucles locales réelles déployées au Japon.

I.4.1 Hypothèses du modèle de diaphonie

Le modèle de diaphonie repose sur l'utilisation d'un câble à isolation en polyéthylène (PE) d'un diamètre de 0,4 mm, appelé câble polyéthylène à code de couleurs (CCP). La structure qui lie les paires de câbles isolés en PE est illustrée dans la Figure I.1, dans laquelle les paires portant les N° 1 à 10 sont regroupées. Dans cette figure, une quadrature est constituée en torsadant quatre conducteurs (deux paires) isolés, et un faisceau appelé "unité" est constitué en liant cinq quadratures (dix paires) ensemble. Bien qu'un câble isolé en PE contienne une à plusieurs unités, nous pouvons, dans un souci de simplicité, ignorer l'effet de diaphonie entre les unités car cet effet est beaucoup plus faible que la diaphonie intra-unité. Une seule unité de dix paires (cinq quadratures) de câbles isolés en PE est ensuite employée dans le modèle de diaphonie.

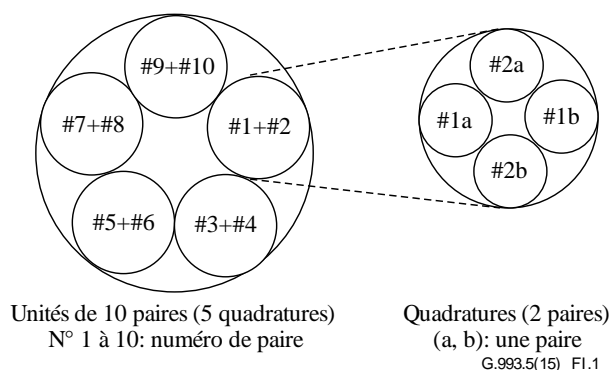


Figure I.1 – Modèle de câble (câble de 0,4 mm isolé en PE)

On sait que la fonction de densité de probabilité (PDF) des pertes (affaiblissement) de couplage de diaphonie en dB est une distribution normale dont la moyenne est exprimée par M (dB) et l'écart-type par σ (dB). Il y a trois relations d'emplacement entre paires dans l'unité du câble isolé en PE, à savoir les relations intra-quadrature, entre quadratures adjacentes et d'une quadrature sur deux. L'unité présente donc trois sortes de populations en termes de pertes de couplage de diaphonie. La moyenne M_k (dB) [$k = 1, 2, 3$] et l'écart-type σ_k (dB) [$k = 1, 2, 3$] des pertes de couplage de télédiaphonie sont indiqués dans le Tableau I.1, dans lequel les indices $k = 1, 2, 3$ correspondent aux trois relations d'emplacement entre les paires constituant chaque population de l'unité.

Tableau I.1 – Moyenne et écart-type de la télédiaphonie

Indicateur	$k = 1$	$k = 2$	$k = 3$
	Relations intra-quadrature	Relations entre quadratures adjacentes	Relations d'une quadrature sur deux
Moyenne de la télédiaphonie M_k	69,2 (dB)	74,2 (dB)	75,7 (dB)
Écart-type de la télédiaphonie σ_k	6,56 (dB)	8,15 (dB)	7,38 (dB)

NOTE – La valeur de M_k (dB) est définie comme la valeur de la perte de télédiaphonie à $f = f_{EXT} = 160 \cdot 10^3$ (Hz) et $d = d_{EXT} = 1 \cdot 10^3$ (m).

I.4.2 Production d'une valeur échantillon pour la perte de couplage de télédiaphonie

On trouvera dans le Tableau I.2 des échantillons aléatoires de perte de couplage de télédiaphonie, $XT_k(i)$ (dB) [$k = 1, 2, 3$], entre deux paires quelconques de l'unité. Ce tableau se présente sous la forme d'une grille de 10 par 10 dans laquelle l'indice k montre des valeurs identiques à celle du Tableau I.1, et l'indice i montre qu'une valeur différente peut être attribuée. On suppose que la diaphonie causée par la paire brouilleuse ($\#m$) à la paire brouillée ($\#n$) est identique à la diaphonie causée par la paire brouilleuse ($\#n$) à la paire brouillée ($\#m$). Dès lors, deux valeurs de groupe d'échantillons sont symétriques par rapport à la diagonale du Tableau I.2. On peut donc trouver un maximum de cinq valeurs d'échantillons différentes pour $XT_1(i)$ ($k = 1$), un maximum de vingt valeurs d'échantillons différentes pour $XT_2(i)$ ($k = 2$) et un maximum de vingt valeurs d'échantillons différentes pour $XT_3(i)$ ($k = 3$).

Tableau I.2 – Échantillon de perte de télédiaphonie

B-ée \ B-euse	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10
#1		XT ₁ (1)	XT ₂ (1)	XT ₂ (2)	XT ₃ (1)	XT ₃ (2)	XT ₃ (3)	XT ₃ (4)	XT ₂ (3)	XT ₂ (4)
#2	XT ₁ (1)		XT ₂ (5)	XT ₂ (6)	XT ₃ (5)	XT ₃ (6)	XT ₃ (7)	XT ₃ (8)	XT ₂ (7)	XT ₂ (8)
#3	XT ₂ (1)	XT ₂ (5)		XT ₁ (2)	XT ₂ (9)	XT ₂ (10)	XT ₃ (9)	XT ₃ (10)	XT ₃ (11)	XT ₃ (12)
#4	XT ₂ (2)	XT ₂ (6)	XT ₁ (2)		XT ₂ (11)	XT ₂ (12)	XT ₃ (13)	XT ₃ (14)	XT ₃ (15)	XT ₃ (16)
#5	XT ₃ (1)	XT ₃ (5)	XT ₂ (9)	XT ₂ (11)		XT ₁ (3)	XT ₂ (13)	XT ₂ (14)	XT ₃ (17)	XT ₃ (18)
#6	XT ₃ (2)	XT ₃ (6)	XT ₂ (10)	XT ₂ (12)	XT ₁ (3)		XT ₂ (15)	XT ₂ (16)	XT ₃ (19)	XT ₃ (20)
#7	XT ₃ (3)	XT ₃ (7)	XT ₃ (9)	XT ₃ (13)	XT ₂ (13)	XT ₂ (15)		XT ₁ (4)	XT ₂ (17)	XT ₂ (18)
#8	XT ₃ (4)	XT ₃ (8)	XT ₃ (10)	XT ₃ (14)	XT ₂ (14)	XT ₂ (16)	XT ₁ (4)		XT ₂ (19)	XT ₂ (20)
#9	XT ₂ (3)	XT ₂ (7)	XT ₃ (11)	XT ₃ (15)	XT ₃ (17)	XT ₃ (19)	XT ₂ (17)	XT ₂ (19)		XT ₁ (5)
#10	XT ₂ (4)	XT ₂ (8)	XT ₃ (12)	XT ₃ (16)	XT ₃ (18)	XT ₃ (20)	XT ₂ (18)	XT ₂ (20)	XT ₁ (5)	

B-ée: Numéro de paire brouillée
B-euse: Numéro de paire brouilleuse

Ces valeurs sont obtenues lorsqu'on produit un échantillon aléatoire $XT_k(i)$ (dB), en supposant que le point de distribution cumulative Q (%) de la valeur d'échantillon aléatoire produites est utile. L'échantillon $XT_k(i)$ (dB) ainsi que le point de distribution cumulative Q (%) sont indiqués ci-dessous, en supposant une distribution normale dont la moyenne M_k (dB) et l'écart-type σ_k (dB) sont ceux qui sont indiqués dans le Tableau I.1. Le Tableau I.3 propose un exemple calculé au moyen de l'équation ci-dessous:

$$XT_k(i) = M_k + \Delta_k(i)$$

$$\Delta_k(i) = \rho_i \sigma_k$$

$$pdf(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}}$$

$$Q(\rho_i) = \int_{\rho_i}^{\infty} pdf(u) du$$

où $k = 1, 2, 3$,

avec $k = 1, i = 1, 2, 3, \dots, \max(5)$

avec $k = 2, i = 1, 2, 3, \dots, \max(20)$

avec $k = 3, i = 1, 2, 3, \dots, \max(20)$

M_k (dB): moyenne des pertes de couplage de télédiaphonie à $f = f_{FXT}$ et $d = d_{FXT}$, voir Tableau I.1

σ_k (dB): écart-type des pertes de couplage de télédiaphonie, voir Tableau I.3.

Tableau I.3 – Exemple d'échantillon aléatoire $XT_k(i)$ avec un point de distribution cumulative Q (%)

Point de distribution cumulative (%)	ρ_i	$XT_k(i)$ (dB)		
		$k=1$	$k=2$	$k=3$
		Relations intra-quadrature	Relations entre quadratures adjacentes	Relations d'une quadrature sur deux
$Q(\rho_i)=0,01(\%)$	3,72	93,6(dB)	104,5(dB)	103,2(dB)
$Q(\rho_i)=0,1(\%)$	3,09	89,5(dB)	99,4(dB)	98,5(dB)
$Q(\rho_i)=1(\%)$	2,33	84,5(dB)	93,2(dB)	92,9(dB)
$Q(\rho_i)=5(\%)$	1,64	80,0(dB)	87,6(dB)	87,8(dB)
$Q(\rho_i)=10(\%)$	1,28	77,6(dB)	84,6(dB)	85,1(dB)
$Q(\rho_i)=20(\%)$	0,842	74,7(dB)	81,1(dB)	81,9(dB)
$Q(\rho_i)=30(\%)$	0,524	72,6(dB)	78,5(dB)	79,6(dB)
$Q(\rho_i)=40(\%)$	0,253	70,9(dB)	76,3(dB)	77,6(dB)
$Q(\rho_i)=50(\%)$	0	69,2(dB)	74,2(dB)	75,7(dB)
$Q(\rho_i)=60(\%)$	-0,253	67,5(dB)	72,1(dB)	73,8(dB)
$Q(\rho_i)=70(\%)$	-0,524	65,8(dB)	69,9(dB)	71,8(dB)
$Q(\rho_i)=80(\%)$	-0,842	63,7(dB)	67,3(dB)	69,5(dB)
$Q(\rho_i)=90(\%)$	-1,28	60,8(dB)	63,8(dB)	66,3(dB)
$Q(\rho_i)=95(\%)$	-1,64	58,4(dB)	60,8(dB)	63,6(dB)
$Q(\rho_i)=99(\%)$	-2,33	53,9(dB)	55,2(dB)	58,5(dB)
$Q(\rho_i)=99,9(\%)$	-3,09	48,9(dB)	49,0(dB)	52,9(dB)
$Q(\rho_i)=99,99(\%)$	-3,72	44,8(dB)	43,9(dB)	48,2(dB)

I.4.3 Fonction de transfert du canal de couplage de télédiaphonie

La fonction de transfert de tension du canal de couplage de télédiaphonie est nécessaire pour simuler l'annulation de l'autotélédiaphonie. Elle est exprimée ci-après par $HFXT_{ki}(f, d)$, les indices k et i étant identiques à ceux de l'échantillon $XT_k(i)$. $\Phi_k(i)$ donne une variation de phase du couplage de télédiaphonie et la valeur de $\Phi_k(i)$ (rad/m) est une valeur arbitraire entre 0 et 2π pour chaque échantillon, ce qui signifie qu'il peut y avoir un maximum de quarante-cinq valeurs différentes dans le Tableau I.2.

$$HFXT_{ki}(f, d) = e^{(-\gamma d - j\Phi_k(i))} 10^{-XT_k(i)/20} \left(\frac{f}{f_{FXT}}\right) \left(\frac{d}{d_{FXT}}\right)^{1/2}$$

où

f (Hz),

d (m): longueur de couplage de la télédiaphonie (= longueur de ligne)

γ : constante de propagation en ligne (= $\alpha + j\beta$, voir Annexe F.3 de la Recommandation UIT-T G.993.1)

$XT_k(i)$ (dB): échantillon de télédiaphonie (à $f = f_{FXT}$ et à $d = d_{FXT}$)

$\Phi_k(i)$ (rad/m): variable aléatoire distribuée uniformément dans la fourchette $[0, 2\pi]$.

L'utilisateur de ce modèle devrait remplir la grille de couplage 10×10 décrite dans le Tableau I.2 en utilisant des valeurs tirées au hasard parmi les distributions trimodales des couplages dépendant de la géométrie qui figurent dans le Tableau I.1. On peut estimer la probabilité de ces valeurs tirées au hasard en les comparant aux valeurs associées qui sont présentées dans le Tableau I.3.

Appendice II

Exemples de pilotage par la VCE du processus d'initialisation pendant l'activation de plusieurs lignes du groupe vectoriel

(Cet Appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation.)

II.1 Introduction

La méthode des vecteurs a pour but d'annuler la télédiaphonie sur plusieurs lignes VDSL2. Le paragraphe 10 contient une description détaillée de l'initialisation, mais cette description concerne surtout le cas où la ligne est unique. On trouvera dans le présent Appendice deux exemples de méthodes permettant à la VCE de piloter l'activation de plusieurs lignes qui tentent de rejoindre le groupe vectoriel dans un ordre arbitraire. Si le bit "8192 superframes duration for O-P-VECTOR 1" (La durée du signal O-P-VECTOR 1 est de 8192 superframes) est activé dans la phase UIT-T G.994.1 (voir § 10.2), la VCE peut employer la première méthode, qui consiste à piloter des lignes ayant pris du retard dans le cycle d'initialisation en cours et ayant rejoint un groupe d'attente. Toutefois, la VCE peut aussi employer la seconde méthode, qui exploite les fonctionnalités de prise de contact UIT-T G.994.1 afin de déterminer le moment où la ligne est prête à rejoindre le groupe.

II.2 Pilotage par la VCE de deux groupes de lignes en cours d'initialisation

Dans cette méthode, la VCE organise les lignes en cours d'initialisation en deux groupes après le début du groupe vectoriel. L'un des groupes est appelé "groupe de jonction", l'autre "groupe d'attente". Chacun de ces groupes a deux états possibles, ouvert ou fermé. Lorsqu'une ligne entame la phase de découverte de canal au cours de l'initialisation, elle doit être ajoutée à l'un des deux groupes. Le Tableau II.1 illustre la manière de choisir le groupe auquel la ligne va être ajoutée.

Tableau II.1 – Méthode employée par la VCE pour choisir le groupe auquel la ligne est ajoutée

État du groupe de jonction	Ouvert	Fermé	Fermé	Ouvert
État du groupe d'attente	Fermé	Ouvert	Fermé	Ouvert
Décision de la VCE pour de nouvelles lignes	Ajouter au groupe de jonction	Ajouter au groupe d'attente	Ajouter au groupe d'attente lorsqu'il s'ouvrira	Non valable

Il convient de noter que le groupe de jonction et le groupe d'attente ne se trouvent jamais dans l'état ouvert en même temps. Le mécanisme complet se décrit de la manière suivante:

- 1) Le groupe de jonction est un groupe de lignes pilotées par la VCE pour effectuer une initialisation normale. Ces lignes sont en cours d'initialisation normale ou s'appêtent à effectuer ce processus après la phase UIT-T G.994.1. Au début, dès la mise sous tension du système, le groupe de jonction est ouvert et vide. Lorsque la VCE commence à estimer le coefficient des canaux de télédiaphonie (le VTU-O commence à émettre le signal O-P-VECTOR 1), le groupe de jonction est fermé. Ce groupe peut se rouvrir si le processus de jonction est achevé (il ne reste aucune ligne dans le groupe de jonction). Lorsqu'une ligne du groupe de jonction est abandonnée pendant l'initialisation ou qu'elle atteint la phase active, elle est retirée du groupe de jonction.

- 2) Le groupe d'attente est un groupe de lignes pilotées par la VCE qui doivent attendre avant de commencer une initialisation normale après la phase UIT-T G.994.1; cette attente se poursuit jusqu'à ce que les lignes du groupe de jonction aient achevé leur initialisation. Au début, dès la mise sous tension du système, le groupe d'attente est fermé et vide. La VCE peut ajouter de nouvelles lignes ayant achevé la phase de prise de contact UIT-T G.994.1 au groupe d'attente dans les conditions suivantes:
- Si une ligne est prête à rejoindre le groupe d'attente à un moment où ce groupe est ouvert, elle rejoint le groupe et le VTU-O commence à émettre sur cette ligne le signal O-P-VECTOR 1 avec toutes les tonalités actives jusqu'à ce que les lignes du groupe de jonction aient achevé l'initialisation.
 - Si une ligne est prête à rejoindre le groupe d'attente à un moment où ce groupe est fermé, le VTU-O procède de la manière suivante:
 - Si le bit "Use of O-P-VECTOR 1 flag tones only" (Utiliser exclusivement des tonalités de fanion du signal O-P-VECTOR 1) est activé pendant la phase UIT-T G.994.1, la ligne rejoint le groupe d'attente et le VTU-O commence à émettre sur cette ligne le signal O-P-VECTOR 1 en activant uniquement les tonalités de fanion, les autres tonalités étant masquées. Lorsque le groupe d'attente s'ouvre, le VTU-O continue à émettre le signal O-P-VECTOR 1 en activant à présent toutes les tonalités jusqu'à ce que les lignes du groupe de jonction aient achevé l'initialisation.
 - Si le bit "Use of O-P-VECTOR 1 flag tones only" est désactivé pendant la phase UIT-T G.994.1, la ligne attend pendant au maximum 512 symboles que le groupe d'attente s'ouvre. Si le groupe d'attente s'ouvre pendant ces 512 symboles, le VTU-O commence à émettre le signal O-P-VECTOR 1 en activant toutes les tonalités jusqu'à ce que les lignes du groupe de jonction aient achevé l'initialisation. Dans le cas contraire, le VTU-O revient à l'état O-SILENT.
- Le groupe d'attente ne peut être ouvert que lorsque le groupe de jonction est fermé. Lorsque la VCE estime les coefficients de canaux de télédiaphonie, le groupe d'attente est maintenu en position fermée pour éviter que les nouvelles lignes ne causent une diaphonie non orthogonale. Une fois l'estimation des coefficients de canaux de télédiaphonie achevée, le groupe d'attente peut être à nouveau ouvert. Si une ligne du groupe d'attente est abandonnée pendant l'initialisation, elle est retirée du groupe d'attente.
- 3) Lorsque les lignes du groupe de jonction émettent les signaux O-P-VECTOR 1-1 et O-P-VECTOR 2-1, la VCE estime les coefficients de couplage de télédiaphonie en aval des lignes du groupe d'attente vers les lignes en phase active et vers les lignes du groupe de jonction. La télédiaphonie causée par les lignes du groupe d'attente peut ainsi être annulée de telle sorte que le rapport signal/bruit (SNR) des lignes du groupe de jonction puisse être mesuré sans conséquence sur la télédiaphonie en aval causée par les lignes du groupe d'attente.
- 4) Lorsque les lignes du groupe de jonction se trouvent en phase d'analyse de canal et d'échange au cours de leur initialisation, le groupe d'attente doit être maintenu en position fermée pour éviter que de nouvelles lignes ne soient ajoutées à ce groupe tant que toutes les lignes du groupe de jonction n'ont pas achevé les mesures de SNR. Il est ainsi impossible que de nouvelles lignes viennent perturber les mesures de SNR dans le groupe de jonction pendant que celui-ci se trouve en phase d'analyse de canal et d'échange.

- 5) Lorsqu'il n'y a plus aucune ligne dans le groupe de jonction, toutes les lignes du groupe d'attente sont déplacées dans le groupe de jonction et le groupe d'attente est fermé. Par la suite, si le groupe de jonction n'est pas vide, la VCE peut lancer la phase de découverte de canal du nouveau processus d'initialisation. Dans le cas contraire, le groupe de jonction est maintenu en position ouverte pour recevoir les nouvelles lignes suivantes en cours d'activation.

La procédure décrite ci-dessus est illustrée dans la Figure II.1:

Phases d'initialisation UIT-T G.993.5	VCE	Groupe de jonction	Groupe d'attente	Nouvelles lignes en cours d'activation
Prise de contact	... ..	Ouvvert	Fermé	Sont ajoutées au groupe de jonction et effectuent une initialisation normale
O-P-QUIET 1				
O-P-VECTOR 1	Reçoit les échantillons d'erreurs pour estimer les coefficients en aval des lignes du groupe de jonction vers les lignes en phase active	Fermé	Ouvvert	Sont ajoutées au groupe d'attente et émettent le signal O-P-VECTOR 1 avec uniquement les tonalités de fanion actives
... ..	... ..			Sont ajoutées au groupe d'attente et émettent le signal O-P-VECTOR 1 avec toutes les tonalités actives
O-P-VECTOR 1-1	Reçoit les échantillons d'erreurs pour mettre à jour les coefficients en aval des lignes du groupe de jonction vers les lignes en phase active		Fermé	Sont ajoutées au groupe d'attente et émettent le signal O-P-VECTOR 1 avec uniquement les tonalités de fanion actives
... ..	... ..		Ouvvert	Sont ajoutées au groupe d'attente et émettent le signal O-P-VECTOR 1 avec toutes les tonalités actives
O-P-VECTOR 2-1	Reçoit les échantillons d'erreurs pour estimer les coefficients en aval des lignes en phase active, des lignes du groupe de jonction et des lignes du groupe d'attente vers les lignes en phase active	Fermé	Fermé	Sont ajoutées au groupe d'attente et émettent le signal O-P-VECTOR 1 avec uniquement les tonalités de fanion actives
O-P- SYNCHRO V4	... ..		
Analyse de canal et échange	← Estimation du SNR achevée pour toutes les lignes →		Fermé	Sont bloquées pour être ajoutées au groupe d'attente jusqu'à l'expiration du délai d'abandon de ligne
			Ouvvert	Sont ajoutées au groupe d'attente et émettent le signal O-P-VECTOR 1 avec toutes les tonalités actives
Cas 1: phase active Cas 2: O-P-VECTOR 1	Se prépare à la procédure d'initialisation suivante s'il n'y a aucun coefficient en aval à estimer des lignes du groupe de jonction vers les lignes en phase active pour une ligne du groupe de jonction ou un échantillon d'erreures reçu	Cas 1 : Ouvvert Cas 2: Fermé	Fermé	Sont ajoutées au groupe de jonction et effectuent une initialisation normale, ou sont bloquées pour être ajoutées aux deux groupes jusqu'à l'expiration du délai d'abandon de ligne

G.993.5(15)_FII.1

Figure II.1 – État des groupes de jonction et d'attente, et nouvelles lignes en cours d'activation pendant l'initialisation (lorsque le bit "Use of O-P-VECTOR 1 flag tones only" est activé pendant la phase UIT-T G.994.1)

Ce mécanisme de commande par la VCE offre au moins trois avantages:

- 1) Les lignes du groupe d'attente peuvent commencer à émettre le signal O-P-VECTOR 1 même si elles achèvent la phase UIT-T G.994.1 après que des lignes du groupe de jonction ont entamé la phase de découverte de canal. Cette méthode permet de gagner du temps pendant la phase UIT-T G.994.1. Le temps d'émission du signal O-P-VECTOR 1 peut être considérablement raccourci du fait que la VCE a déjà estimé la diaphonie de la majeure partie des lignes du groupe d'attente vers les lignes actives.
- 2) Dans les scénarios d'initialisation de plusieurs lignes, la majeure partie des lignes ayant entamé la phase de découverte de canal après que la VCE a commencé à estimer les coefficients de canaux de couplage de la télédiaphonie vont être ajoutées au groupe d'attente. Elles peuvent donc lancer leur processus d'initialisation de manière synchronisée après l'achèvement du processus d'initialisation en cours piloté par la VCE. Toutes les lignes peuvent passer en phase active dans un délai maximum de deux cycles du processus d'initialisation du groupe vectoriel (de la phase de découverte de canal à la phase d'analyse de canal et d'échange). Le temps d'initialisation est ainsi considérablement réduit par rapport au processus d'initialisation en cours, dans lequel les lignes arrivant après le début de l'initialisation sont abandonnées et reviennent à la phase de prise de contact (leur initialisation pouvant alors durer plusieurs cycles du processus d'initialisation du groupe vectoriel).
- 3) Si aucune nouvelle ligne n'est ajoutée au groupe d'attente après l'estimation du SNR au cours de la phase d'analyse de canal et d'échange, les coefficients de canaux de télédiaphonie en aval des lignes du groupe d'attente vers les lignes en phase active sont déjà pris en compte par la VCE, et l'étape du signal O-P-VECTOR 1 peut se dérouler simplement en appliquant à ce signal la durée minimale de 4×257 symboles. Cette méthode permet de gagner du temps supplémentaire.

II.3 Utilisation de fonctionnalités de prise de contact par la VCE

La VCE peut gérer l'activation de plusieurs lignes du groupe vectoriel en employant des fonctionnalités de prise de contact UIT-T G.994.1 de la manière suivante:

- 1) Lorsque de nouvelles lignes du groupe vectoriel entrent en phase d'initialisation UIT-T G.994.1, le VTU-R peut envoyer en permanence des messages R-TONES-REQ pour lancer la phase de prise de contact conformément à la Recommandation [UIT-T G.994.1].
- 2) La VCE connaît l'état des émetteurs-récepteurs en cours d'initialisation UIT-T G.993.5. Lorsqu'elle détecte que le cycle d'initialisation est achevé ou presque achevé pour le groupe de jonction en cours de traitement, elle autorise les VTU-O chargés de détecter les messages R-TONES-REQ à répondre en envoyant un signal C-TONES pour faire progresser la phase de prise de contact afin d'établir le groupe de jonction suivant.
- 3) Le délai imparti aux VTU-R pour détecter un message O-SIGNATURE dépend du fournisseur. On observe que la durée du signal O-P-QUIET 1 est de 1024 symboles au maximum, que la durée du signal O-P-VECTOR 1 est de 1024×257 symboles et que la durée du signal O-IDLE est de 2000 symboles au maximum, ce qui correspond à une durée d'environ 66,5 secondes.

Appendice III

Méthode d'estimation des canaux de télédiaphonie fondée sur le SNR

(Cet Appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation.)

III.1 Outils

La méthode d'estimation des canaux de télédiaphonie fondée sur le rapport signal/bruit (SNR) qui est décrite dans le présent Appendice exploite la valeur SNR-ps (transmise par le VTU-R au VTU-O) définie au § 11.4.1 de [UIT-T G.993.2].

III.2 Estimation des canaux de télédiaphonie d'une nouvelle ligne vers des lignes existantes

III.2.1 Introduction

En supposant K lignes actives (indice i allant de 0 à $K - 1$) et une ligne en cours d'initialisation portant le numéro K , le signal reçu en aval à l'équipement CPE de la ligne victime numéro $i = 0$ peut être décrit de la manière suivante:

$$y = Hx + n$$
$$y_0 = \underbrace{H_{0,0}x_0}_{\text{Signal utile}} + \underbrace{\sum_{i=1}^{K-1} H_{0,i}x_i}_{\text{Télédiaphonie des lignes actives}} + \underbrace{H_{0,K}x_K}_{\text{Télédiaphonie de la nouvelle ligne}} + \underbrace{n_0}_{\text{Bruit extérieur}} \quad (\text{III-1})$$

où:

$H_{0,0}$: Fonction de transfert de canal direct de la ligne victime.

$H_{0,i}$: Pour $i = 1 \dots K - 1$, fonction de transfert de canal de télédiaphonie de la ligne active i vers la ligne victime.

$H_{0,K}$: Fonction de transfert de canal de télédiaphonie de la nouvelle ligne K vers la ligne victime.

x_0 : Symboles de données de la ligne victime, avec une variance de σ_0^2 .

x_i : Pour $i = 1 \dots K$, symboles de données des lignes actives, avec une variance de σ_i^2 .

x_K : Symboles de données de la ligne K , avec une variance de σ_K^2 .

n_0 : Bruit extérieur sur la ligne victime, avec une variance de σ_n^2 .

NOTE – Dans l'équation III-1, on suppose que la télédiaphonie n'est pas encore précompensée. Les équations applicables en présence d'une précompensation sont indiquées au § III.2.7.

La matrice de précodage F est généralement définie par $H^{-1}diag(H)$.

Si $H = diag(H)(I + C)$ est définie, alors F peut être obtenue par approximation (de premier ordre) par la relation $F = I - \hat{C}$,

où \hat{C} est une estimation de C .

Dès lors, l'estimation de canal a pour but de trouver des éléments de C , avec

$$C_{v,i} = \frac{H_{v,i}}{H_{v,v}}, \quad v \neq i \text{ donc dans ce cas, avec } v = 0, \text{ cette relation devient } C_{0,i} = \frac{H_{0,i}}{H_{0,0}}, \text{ pour } i = 1 \dots K$$

III.2.2 Signal d'essai

Dans des conditions normales, on peut employer le modèle suivant:

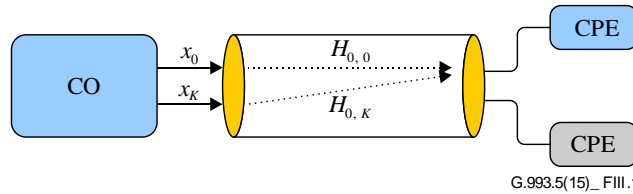


Figure III.1 – Modèle de diaphonie – Conditions normales

On peut ensuite employer un signal "d'essai" spécial pour estimer le canal de diaphonie:

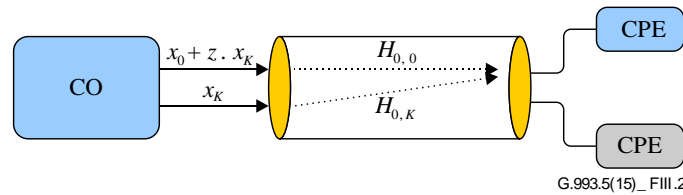


Figure III.2 – Modèle de signal d'essai – Conditions normales

Le signal d'essai consiste à effectuer une copie de la ligne perturbatrice et à l'ajouter à la ligne victime. Cette méthode fait apparaître quelques propriétés intéressantes pour le SNR.

Définir SNR_b comme le rapport signal/bruit avant l'ajout de la nouvelle ligne K :

$$SNR_b = \frac{\sigma_0^2 |H_{0,0}|^2}{\sum_{i=1}^{K-1} \sigma_i^2 |H_{0,i}|^2 + \sigma_{n_0}^2} \quad (\text{III-2})$$

Lorsque nous ajoutons la nouvelle ligne K , et selon le facteur d'essai z , nous pouvons définir $SNR_a(z)$ comme le rapport signal/bruit après l'ajout de la ligne K :

$$SNR_a(z) = \frac{\sigma_0^2 |H_{0,0}|^2}{\sum_{i=1}^{K-1} \sigma_i^2 |H_{0,i}|^2 + \sigma_K^2 |H_{0,K} + z \cdot H_{0,0}|^2 + \sigma_{n_0}^2} \quad (\text{III-3})$$

Ces équations peuvent alors être combinées pour constituer l'équation suivante:

$$\frac{1}{SNR_a(z)} = \frac{\sum_{i=1}^{K-1} \sigma_i^2 |H_{0,i}|^2 + \sigma_{n_0}^2 + \sigma_K^2 |H_{0,K} + z \cdot H_{0,0}|^2}{\sigma_0^2 |H_{0,0}|^2} = \frac{1}{SNR_b} + \frac{\sigma_K^2 |H_{0,K} + z \cdot H_{0,0}|^2}{\sigma_0^2 |H_{0,0}|^2} \quad (\text{III-4})$$

Lors de l'étape précédente, on supposait que le bruit de fond et la diaphonie provenant d'autres lignes (1..K-1) étaient constantes pendant une seule itération.

$$\left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} + z \right|^2 = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_K^2} \left(\frac{1}{SNR_a(z)} - \frac{1}{SNR_b} \right) \quad (\text{III-5})$$

III.2.3 Représentation graphique

L'effet de ce signal d'essai sur un point de constellation MAQ peut être représenté de manière graphique de la façon suivante:

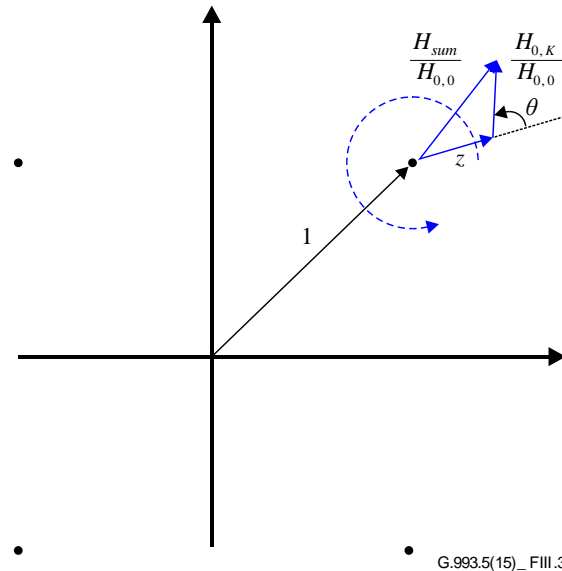


Figure III.3 – Effet du signal d'essai sur un point de constellation

Dans cette figure, on suppose que $\sigma_0^2 = \sigma_K^2$ dans un souci de simplification, mais le résultat est facile à généraliser (dans les équations) pour prendre en compte le cas où les variances de signaux sur les lignes victime et perturbatrice ne sont pas identiques.

Seule la diaphonie de la ligne K est illustrée. La diaphonie des lignes 1..K-1 n'apparaît pas car la figure deviendrait trop complexe.

Dans cette figure, nous pouvons reconnaître les éléments suivants:

- le point de constellation décodé (l'égaliseur dans le domaine fréquence (FEQ) ramené à l'échelle d'un vecteur unitaire de taille 1);
- le vecteur d'essai z , qui est ajouté comme s'il s'agissait de bruit sur le canal direct de la ligne victime;
- le canal de diaphonie normalisée par le FEQ;
- l'angle θ entre le vecteur d'essai z et le canal de diaphonie normalisée (comme les deux sont modulés avec le même symbole de données d'utilisateur x_k , l'angle reste constant);
- le bruit total normalisé $\frac{H_{sum}}{H_{0,0}}$, qui tourne autour du point de constellation.

III.2.4 Dérivation des équations pour l'estimation des canaux de diaphonie

Pour calculer le canal de diaphonie $C_{0,K} = \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}}$, nous pouvons dériver les équations suivantes.

En partant de l'équation III-5:

$$\left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} + z \right|^2 = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_K^2} \left(\frac{1}{SNR_a(z)} - \frac{1}{SNR_b} \right) \quad (\text{III-6})$$

si

$z = 0$, nous obtenons:

$$\left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} \right|^2 = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_K^2} \left(\frac{1}{SNR_a(0)} - \frac{1}{SNR_b} \right) \quad (\text{III-7})$$

si

$z = \varepsilon$, et en appliquant la trigonométrie, nous obtenons:

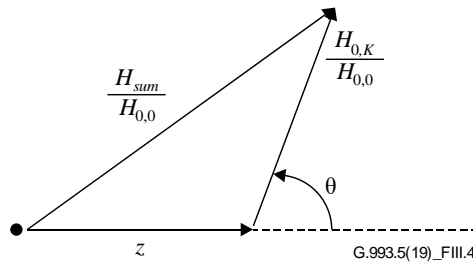


Figure III.4 – Détail du point de constellation pour $z = \varepsilon$

$$\left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} + \varepsilon \right|^2 = \left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} \right|^2 + \varepsilon^2 - 2 \cdot \varepsilon \cdot \left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} \right| \cos(\pi - \theta)$$

$$2 \cdot \varepsilon \cdot \left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} \right| \cos(\theta) = \left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} + \varepsilon \right|^2 - \left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} \right|^2 - \varepsilon^2$$

$$2 \cdot \varepsilon \cdot \left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} \right| \cos(\theta) = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_K^2} \left(\frac{1}{SNR_a(\varepsilon)} - \frac{1}{SNR_b} \right) - \frac{\sigma_0^2}{\sigma_K^2} \left(\frac{1}{SNR_a(0)} - \frac{1}{SNR_b} \right) - \varepsilon^2$$

si

$z = j\varepsilon$, nous obtenons:

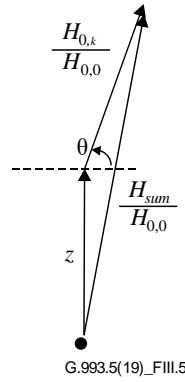


Figure III.5 – Détail du point de constellation pour $z = j\varepsilon$

III.2.5 Équations permettant d'estimer les canaux de diaphonie

Résultat pour $z = \varepsilon$

$$\left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} \right| \cos(\theta) = \frac{1}{2\varepsilon} \frac{\sigma_0^2}{\sigma_K^2} \left(\frac{1}{SNR_a(\varepsilon)} - \frac{1}{SNR_a(0)} \right) - \frac{\varepsilon}{2} \quad (\text{III-8})$$

Résultat pour $z = j\varepsilon$

$$\left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} \right| \sin(\theta) = \frac{1}{2\varepsilon} \frac{\sigma_0^2}{\sigma_K^2} \left(\frac{1}{SNR_a(j\varepsilon)} - \frac{1}{SNR_a(0)} \right) - \frac{\varepsilon}{2} \quad (\text{III-9})$$

Conclusion:

$$\frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} = \left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} \right| \cos(\theta) + j \cdot \left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} \right| \sin(\theta) \quad (\text{III-10})$$

III.2.6 Algorithme d'estimation des canaux de diaphonie

Compte tenu des équations ci-dessus, nous pouvons voir que pour calculer $C_{0,K} = \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}}$, nous avons

besoin de calculer l'amplitude et la phase de cette quantité, qui sont des paramètres indépendants. En utilisant les équations III-8 et III-9, nous avons deux équations indépendantes fondées sur trois mesures du SNR qui nous permettent de calculer les parties réelle et imaginaire de $C_{0,K}$ (deux variables indépendantes).

Les mesures suivantes sont nécessaires:

- $SNR_a(0)$ le SNR après l'initialisation de la nouvelle ligne K , sans signal d'essai;
- $SNR_a(\varepsilon)$ le SNR après l'initialisation de la nouvelle ligne K , avec le signal d'essai ε ;
- $SNR_a(j\varepsilon)$ le SNR après l'initialisation de la nouvelle ligne K , avec le signal d'essai $j\varepsilon$.

L'algorithme se compose donc des étapes suivantes:

- 1) Commencer à émettre un signal de type MEDLEY sur la nouvelle ligne K , avec une PSD d'émission réduite (pas d'initialisation).
- 2) Mesurer $SNR_a(0)$.

- 3) À partir de cette valeur, nous pouvons choisir une valeur adéquate de ε (telle que l'effet sur le SNR soit mesurable mais pas excessif) et ajouter un signal d'essai (sur toutes les lignes victimes simultanément).
- 4) Mesurer $SNR_a(\varepsilon)$.
- 5) Remplacer le signal d'essai par $j\varepsilon$.
- 6) Mesurer $SNR_a(j\varepsilon)$.
- 7) Calculer $\hat{C}_{0,K}$ pour chaque ligne victime.
- 8) Lancer le précodage.
- 9) Augmenter la PSD du signal de type MEDLEY sur la nouvelle ligne.
- 10) Répéter l'algorithme à partir de l'étape 2 jusqu'à ce que la PSD du signal de type MEDLEY ait atteint la PSD maximale autorisée pour cette ligne.
- 11) La séquence d'initialisation normale peut à présent commencer sur cette ligne.

En général, l'algorithme converge après quelques itérations.

III.2.7 Équations étendues applicables pendant la précompensation

Si le précodage est actif, les équations ne sont pas fondamentalement modifiées.

L'équation de base est l'équation III-1:

$$y = Hx + n$$

$$y_0 = \underbrace{H_{0,0}x_0}_{\text{Signal utile}} + \underbrace{\sum_{i=1}^{K-1} H_{0,i}x_i}_{\text{Télédiaphonie des lignes actives}} + \underbrace{H_{0,K}x_K}_{\text{Télédiaphonie de la nouvelle ligne}} + \underbrace{n_0}_{\text{Bruit extérieur}}$$

Sachant que $H = \text{diag}(H)(I + C)$, et si l'on applique le précodage, $w = Fx = (I - \hat{C})x$, nous obtenons:

$$\begin{aligned} y &= H(I - \hat{C})x \\ &= Hx - H\hat{C}x \\ &= \text{diag}(H)(I + C)x - \text{diag}(H)(I + C)\hat{C}x \\ &\approx \text{diag}(H)x + \text{diag}(H)Cx - \text{diag}(H)\hat{C}x \end{aligned}$$

$$y_0 = \underbrace{H_{0,0}x_0}_{\text{Signal utile}} + \underbrace{\sum_{i=1}^{K-1} H_{0,i}(C_{0,i} - \hat{C}_{0,i})x_i}_{\text{Télédiaphonie résiduelle des lignes actives}} + \underbrace{H_{0,K}(C_{0,K} - \hat{C}_{0,K})x_K}_{\text{Télédiaphonie résiduelle de la ligne K}} + \underbrace{n_0}_{\text{Bruit extérieur}}$$

$$= H_{0,0}x_0 + \sum_{i=1}^{K-1} H_{0,i}|_{\text{residual}} x_i + H_{0,K}|_{\text{residual}} x_K + n_0$$

Nous pouvons donc réécrire les équations III-8 et III-9 de la manière suivante:

$$\left| \frac{H_{0,K}|_{residual}}{H_{0,0}} \right| \cos(\theta) = \frac{1}{2\varepsilon} \frac{\sigma_0^2}{\sigma_K^2} \left(\frac{1}{SNR_a(\varepsilon)} - \frac{1}{SNR_a(0)} \right) - \frac{\varepsilon}{2} \quad (\text{III-11})$$

$$\left| \frac{H_{0,K}|_{residual}}{H_{0,0}} \right| \sin(\theta) = \frac{1}{2\varepsilon} \frac{\sigma_0^2}{\sigma_K^2} \left(\frac{1}{SNR_a(j\varepsilon)} - \frac{1}{SNR_a(0)} \right) - \frac{\varepsilon}{2} \quad (\text{III-12})$$

Dès lors, le précodage a surtout pour conséquence d'imposer le choix d'une valeur différente pour ε (voir aussi l'étape 4 du § III.2.6). En outre, dans la pratique, pour estimer le canal de diaphonie résiduelle:

- ε doit être choisi de telle sorte que l'effet sur le SNR soit mesurable, mais pas excessif;
- si l'on sait que la diaphonie résiduelle a été estimée, l'équation de mise à jour devient triviale:

$$\hat{C}_{0,K}(t+1) = \hat{C}_{0,K}(t) + \frac{H_{0,K}|_{residual}}{H_{0,0}} \quad (\text{III-13})$$

Cette situation peut aussi être illustrée de manière graphique, comme dans la figure précédente:

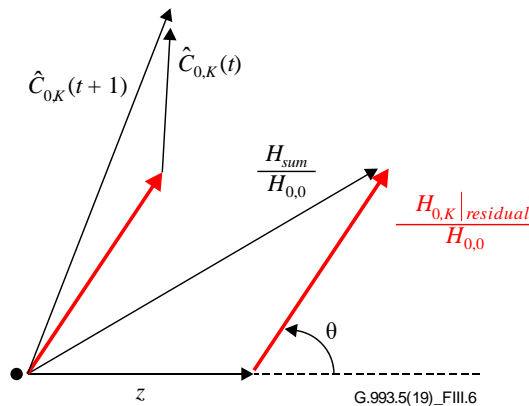


Figure III.6 – Détail du point de constellation en cas de précodage

Le vecteur en rouge indique le canal de diaphonie normalisée résiduelle, pour laquelle on peut construire un triangle analogue au cas précédent en appliquant un signal d'essai. Toutes les équations restent donc valables.

III.3 Estimation des canaux de télédiaphonie des lignes existantes vers une nouvelle ligne

III.3.1 Introduction

Appelons N le nombre de mesures de SNR employées pour estimer les canaux. Chaque mesure de SNR est effectuée sur L symboles de tonalités multiples discrètes (DMT) et toutes les lignes sont en phase active lorsque l'estimation de canaux est effectuée. Envisageons de transmettre sur une seule tonalité et appelons $s_i^{(n)}(l)$ le symbole de données MAQ destiné à la ligne i sur le symbole de DMT l pendant la mesure de SNR n . Le signal réellement émis sur la ligne i est appelé $x_i^{(n)}(l)$.

III.3.2 Signal d'essai

Lorsque la nouvelle ligne K est initialisée, les lignes existantes continuent à émettre leurs données comme auparavant:

$$x_i^{(n)}(l) = s_i^{(n)}(l), \forall i < K$$

Nous autorisons l'identification de canal en superposant un signal d'essai au signal émis sur la nouvelle ligne K du VTU-O:

$$x_K^{(n)}(l) = s_K^{(n)}(l) + \varepsilon \sum_{i=1}^{K-1} z_i^{(n)} s_i^{(n)}(l) \quad (\text{III-14})$$

À noter que le signal d'essai se compose d'une combinaison linéaire de signaux émis sur les lignes existantes 1 à $K-1$. Il faut choisir un pas de taille ε de telle sorte que l'effet du signal d'essai sur le SNR soit inférieur à 3,5 dB. À cette fin, mesurons tout d'abord le SNR de la ligne K en l'absence de tout signal d'essai, et appelons-le $SNR_K^{(0)}$. La taille du pas est alors définie de la manière suivante:

$$\varepsilon = \min_i \frac{1}{2} \frac{1}{\sqrt{SNR_K^{(0)}}} \frac{\sigma_K}{\sigma_i}$$

où σ_i^2 désigne la puissance d'émission de la ligne i . À noter que $z_i^{(n)}$ est choisi de telle sorte que

$$\sum_{i=1}^{K-1} |z_i^{(n)}|^2 = 1$$

III.3.3 Dérivation des équations pour l'estimation des canaux de diaphonie

En utilisant l'équation III-14, on peut décrire le signal reçu sur la ligne K de la manière suivante:

$$\begin{aligned} y_K^{(n)}(l) &= \sum_{i=1}^K h_{K,i} x_i^{(n)}(l) + w_K^{(n)}(l) \\ &= h_{K,K} s_K^{(n)}(l) + \sum_{i=1}^{K-1} (h_{K,i} + \varepsilon z_i^{(n)} h_{K,K}) s_i^{(n)}(l) + w_K^{(n)}(l) \end{aligned}$$

Le VTU-R doit mesurer la puissance du signal sur la ligne K comme suit:

$$\begin{aligned} \text{signal}_K &= \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L |h_{K,K} s_K^{(n)}(l)|^2 \\ &\approx |h_{K,K}|^2 \sigma_K^2 \end{aligned} \quad (\text{III-15})$$

La puissance du bruit ("noise") sur la ligne K doit être mesurée comme suit:

$$\begin{aligned} \text{noise}_K &= \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L |y_K^{(n)}(l) - h_{K,K} s_K^{(n)}(l)|^2 \\ &\approx \sum_{i=1}^{K-1} |h_{K,i} + \varepsilon z_i^{(n)} h_{K,K}|^2 \sigma_i^2 + \sigma_{w_K}^2 \end{aligned} \quad (\text{III-16})$$

où $\sigma_{w_K}^2$ désigne la puissance du bruit de fond. Le VTU-R doit ensuite transmettre le SNR mesuré au VTU-O de la manière suivante:

$$SNR_K^{(n)} = \text{signal}_K / \text{noise}_K$$

Il découle des équations III-15 et III-16 que:

$$\begin{aligned} \frac{1}{\text{SNR}_K^{(n)}} &= \frac{\text{noise}_K}{\text{signal}_K} \\ &\approx \frac{1}{\sigma_K^2} \left(\sum_{i=1}^{K-1} \left| \frac{h_{K,i}}{h_{K,K}} \sigma_i + \varepsilon z_i^{(n)} \sigma_i \right|^2 + \frac{\sigma_{W_K}^2}{|h_{K,K}|^2} \right) \\ &= \frac{1}{\sigma_K^2} \left(\|\bar{\mathbf{a}} + \varepsilon \bar{\mathbf{b}}^{(n)}\|^2 + \frac{\sigma_{W_K}^2}{|h_{K,K}|^2} \right) \end{aligned} \quad (\text{III-17})$$

où nous avons défini $\bar{\mathbf{a}} = [\bar{a}_1 \dots \bar{a}_{K-1}]^T$, $\bar{\mathbf{b}}^{(n)} = [\bar{b}_1^{(n)} \dots \bar{b}_{K-1}^{(n)}]^T$ avec

$$\bar{a}_i = \frac{h_{K,i}}{h_{K,K}} \sigma_i \quad (\text{III-18})$$

et

$$\bar{b}_i^{(n)} = z_i^{(n)} \sigma_i \quad (\text{III-19})$$

En appliquant la forme générale du théorème de Pythagore:

$$\|\bar{\mathbf{a}} + \varepsilon \bar{\mathbf{b}}^{(n)}\|^2 = \|\bar{\mathbf{a}}\|^2 + \|\varepsilon \bar{\mathbf{b}}^{(n)}\|^2 + 2\varepsilon \text{Re}\{\bar{\mathbf{b}}^{(n)H} \bar{\mathbf{a}}\} \quad (\text{III-20})$$

Nous décomposons $\bar{\mathbf{a}}$ y $\bar{\mathbf{b}}^{(n)}$ pour obtenir leurs composantes réelle et imaginaire $a_{R,i} = \text{Re}\{\bar{a}_i\}$, $a_{I,i} = \text{Im}\{\bar{a}_i\}$, $b_{R,i}^{(n)} = \text{Re}\{\bar{b}_i^{(n)}\}$, and $b_{I,i}^{(n)} = \text{Im}\{\bar{b}_i^{(n)}\}$. Nous avons à présent:

$$\begin{aligned} \text{Re}\{\bar{\mathbf{b}}^{(n)H} \bar{\mathbf{a}}\} &= \sum_{i=1}^{K-1} a_{R,i} b_{R,i}^{(n)} + a_{I,i} b_{I,i}^{(n)} \\ &= \mathbf{b}^{(n)H} \mathbf{a}, \end{aligned}$$

où nous définissons que

$$\mathbf{a} = [a_{R,1} \dots a_{R,K-1} \ a_{I,1} \dots a_{I,K-1}]^T, \quad (\text{III-21})$$

et $\mathbf{b}^{(n)} = [b_{R,1}^{(n)} \dots b_{R,K-1}^{(n)} \ b_{I,1}^{(n)} \dots b_{I,K-1}^{(n)}]^T$. Pour des raisons pratiques, nous définissons également $a_i = [\mathbf{a}]_i$ et $b_i^{(n)} = [\mathbf{b}^{(n)}]_i$. À partir de l'équation III-20, nous obtenons:

$$\|\bar{\mathbf{a}} + \varepsilon \bar{\mathbf{b}}^{(n)}\|^2 = \|\bar{\mathbf{a}}\|^2 + \|\varepsilon \bar{\mathbf{b}}^{(n)}\|^2 + 2\varepsilon \mathbf{b}^{(n)H} \mathbf{a}.$$

À présent, à partir de l'équation III-17 nous avons:

$$\|\bar{\mathbf{a}}\|^2 + \|\varepsilon \bar{\mathbf{b}}^{(n)}\|^2 + 2\varepsilon \mathbf{b}^{(n)H} \mathbf{a} + \frac{S_{W_K}^2}{|h_{K,K}|^2} = \frac{S_K^2}{\text{SNR}_K^{(n)}}.$$

En conséquence,

$$\boldsymbol{\varepsilon} \mathbf{b}^{(n)H} \mathbf{a} + \frac{1}{2} \|\bar{\mathbf{a}}\|^2 + \frac{1}{2} \frac{\sigma_{W_K}^2}{|h_{K,K}|^2} = \frac{1}{2} \frac{\sigma_K^2}{\text{SNR}_K^{(n)}} - \frac{1}{2} \|\boldsymbol{\varepsilon} \bar{\mathbf{b}}^{(n)}\|^2.$$

L'application de l'équation III-19 donne:

$$\boldsymbol{\varepsilon} \mathbf{b}^{(n)H} \mathbf{a} + \frac{1}{2} \|\bar{\mathbf{a}}\|^2 + \frac{1}{2} \frac{\sigma_{W_K}^2}{|h_{K,K}|^2} = \frac{1}{2} \frac{\sigma_K^2}{\text{SNR}_K^{(n)}} - \frac{1}{2} \varepsilon^2 \sum_{i=1}^{K-1} |z_i^{(n)}|^2 \sigma_i^2.$$

Définissons

$$c^{(n)} = \frac{1}{2} \frac{\sigma_K^2}{\text{SNR}_K^{(n)}} - \frac{1}{2} \varepsilon^2 \sum_{i=1}^{K-1} |z_i^{(n)}|^2 \sigma_i^2. \quad (\text{III-22})$$

Dès lors,

$$\boldsymbol{\varepsilon} \mathbf{b}^{(n)H} \mathbf{a} + \frac{1}{2} \|\bar{\mathbf{a}}\|^2 + \frac{1}{2} \frac{\sigma_{W_K}^2}{|h_{K,K}|^2} = c^{(n)}, \forall n. \quad (\text{III-23})$$

Définissons une matrice \mathbf{P} de $M \times N$ avec des éléments $p_{m,n} = [\mathbf{P}]_{m,n}$, qui satisfait la relation

$$\sum_{n=1}^N p_{m,n} = 0, \forall m \quad (\text{III-24})$$

Appelons-la matrice de combinaison des SNR. À présent, en partant de l'équation III-23, nous avons:

$$\sum_n p_{m,n} c^{(n)} = \varepsilon \sum_n p_{m,n} \mathbf{b}^{(n)H} \mathbf{a} + \left(\frac{1}{2} \|\bar{\mathbf{a}}\|^2 + \frac{1}{2} \frac{\sigma_{W_K}^2}{|h_{K,K}|^2} \right) \sum_n p_{m,n}, \forall m.$$

En appliquant l'équation III-24, nous avons:

$$\sum_n p_{m,n} c^{(n)} = \varepsilon \sum_n p_{m,n} \mathbf{b}^{(n)H} \mathbf{a}, \forall m. \quad (\text{III-25})$$

Pour tout n , nous avons une équation de la forme de l'équation III-25. En rassemblant toutes ces équations en une matrice, nous obtenons:

$$\mathbf{P} \begin{bmatrix} c^{(1)} \\ \vdots \\ c^{(N)} \end{bmatrix} = \varepsilon \mathbf{P} \begin{bmatrix} \mathbf{b}^{(1)H} \\ \vdots \\ \mathbf{b}^{(N)H} \end{bmatrix} \mathbf{a}.$$

Définissons $\mathbf{c} = [c^{(1)} \dots c^{(N)}]^T$ et la matrice d'essai $\mathbf{B} = [\mathbf{b}^{(1)} \dots \mathbf{b}^{(N)}]^H$. Dès lors,

$$\boldsymbol{\varepsilon} \mathbf{P} \mathbf{B} \mathbf{a} = \mathbf{P} \mathbf{c}$$

Nous pouvons à présent trouver la solution pour \mathbf{a} par la méthode des moindres carrés:

$$\mathbf{a} = \varepsilon^{-1} \text{pinv}(\mathbf{P} \mathbf{B}) \mathbf{P} \mathbf{c}$$

où $\text{pinv}(\cdot)$ désigne l'opération de pseudo-inversion. En utilisant les équations III-18 et III-21, nous pouvons maintenant trouver les coefficients de diaphonie normalisée

$$\frac{h_{K,i}}{h_{K,K}} = \frac{1}{\sigma_i} (a_i + ja_{K-1+i}) \quad (\text{III-26})$$

qui peuvent servir à établir le précompensateur diagonal de premier ordre

$$\mathbf{F} = \mathbf{I}_K - \text{offdiag} \left(\begin{bmatrix} \frac{h_{1,1}}{h_{1,1}} & \dots & \frac{h_{1,K}}{h_{1,1}} \\ \frac{h_{1,1}}{h_{1,1}} & \dots & \frac{h_{1,1}}{h_{1,1}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{h_{K,1}}{h_{K,K}} & \dots & \frac{h_{K,K}}{h_{K,K}} \\ \frac{h_{K,K}}{h_{K,K}} & \dots & \frac{h_{K,K}}{h_{K,K}} \end{bmatrix} \right), \quad (\text{III-27})$$

où nous définissons la fonction $\text{offdiag}(\mathbf{X}) = \mathbf{X} - \text{diag}(\mathbf{X})$.

À noter que si nous voulons que cet ensemble d'équations suffise pour établir une estimation de \mathbf{a} , il est nécessaire que le rang de \mathbf{PB} $\text{rank}(\mathbf{PB}) \geq 2(K-1)$. En outre, il faut que $\sum_n p_{m,n} = 0, \forall m$, ce qui signifie dans la pratique que la taille de \mathbf{P} doit être d'au moins $2(K-1) \times (2K-1)$. Dès lors, en utilisant cet algorithme, il est possible d'établir une estimation des canaux de diaphonie après seulement $2K-1$ mesures de SNR.

III.3.4 Algorithme d'estimation des canaux de diaphonie

L'algorithme d'identification des canaux de diaphonie fonctionne de la manière suivante:

- Précalculer $\mathbf{G} = \text{pinv}(\mathbf{PB})\mathbf{P}$
- Précalculer $d^{(n)} = \sum_{i=1}^{K-1} |z_i^{(n)}|^2 \sigma_i^2 / 2, \forall n$
- Pour $i = 1 \dots$ nombre d'itérations
- Émettre $x_K^{(0)}(l) = s_K^{(0)}(l)$ sur la ligne K
- Le VTU-R transmet $\text{SNR}_K^{(0)}$
- Définir la taille de pas $\varepsilon = \min_i \frac{1}{2} \frac{1}{\sqrt{\text{SNR}_K^{(0)}}} \frac{\sigma_K}{\sigma_i}$
- Pour $n = 1 \dots N$
- Émettre $x_K^{(n)}(l) = s_K^{(n)}(l) + \sum_{i < K} z_i^{(n)} s_i^{(n)}(l)$ sur la ligne K
- Le VTU-R transmet $\text{SNR}_K^{(n)}$
- Calculer $c^{(n)} = \frac{1}{2} \frac{\sigma_K^2}{\text{SNR}_K^{(n)}} - \varepsilon^2 d^{(n)}$
- Fin
- $\mathbf{a} = \varepsilon^{-1} \mathbf{Gc}$
- $\frac{h_{K,i}}{h_{K,K}} = (a_i + ja_{K-1+i}) / \sigma_i, \forall i$
- Mettre à jour le précompensateur de diaphonie en utilisant l'équation III-27
- Fin

À noter que pour accélérer les calculs, nous avons précalculé la pseudo-inverse \mathbf{G} et le terme $d^{(n)}$.

Bibliographie

- [b-UIT-T G.998.1] Recommandation UIT-T G.998.1 (2005), *Agrégation multipaire à base ATM.*
- [b-UIT-T G.998.2] Recommandation UIT-T G.998.2 (2005), *Agrégation multipaire à base Ethernet.*
- [b-UIT-T G.998.3] Recommandation UIT-T G.998.3 (2005), *Agrégation multipaire utilisant le multiplexage temporel inverse.*
- [b-UIT-T G.9701] Recommandation UIT-T G.9701 (2019), *Accès rapide aux terminaux d'abonné (G.fast) – Spécification de la couche physique.*
- [b-ATIS-0600024] ATIS Technical Report ATIS-0600024 (2009), *Multiple-Input Multiple-Output Crosstalk Channel Model.*

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série D	Principes de tarification et de comptabilité et questions de politique générale et d'économie relatives aux télécommunications internationales/TIC
Série E	Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
Série F	Services de télécommunication non téléphoniques
Série G	Systemes et supports de transmission, systemes et reseaux numériques
Série H	Systemes audiovisuels et multimédias
Série I	Reseau numérique à intégration de services
Série J	Reseaux câblés et transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Environnement et TIC, changement climatique, déchets d'équipements électriques et électroniques, efficacité énergétique; construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	Gestion des télécommunications y compris le RGT et maintenance des reseaux
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 reseaux locaux
Série Q	Commutation et signalisation et mesures et tests associés
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 reseau téléphonique
Série X	Reseaux de données, communication entre systemes ouverts et sécurité
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information, protocole Internet, reseaux de prochaine génération, Internet des objets et villes intelligentes
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systemes de télécommunication