

# UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION  
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
DE L'UIT

# G.9963

**Amendement 1**  
(04/2021)

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

Réseaux d'accès – Réseaux intérieurs

---

Émetteurs-récepteurs de réseau domestique filaires  
unifiés à haut débit – Entrées multiples/sorties  
multiples.

**Amendement 1**

Recommandation UIT-T G.9963 (2018) – Amendement 1

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

|   |                      |
|---|----------------------|
| CONNEXIONS ET CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX   | G.100–G.199          |
| CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES COMMUNES À TOUS LES SYSTÈMES ANALOGIQUES À COURANTS PORTEURS   | G.200–G.299          |
| CARACTÉRISTIQUES INDIVIDUELLES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX À COURANTS PORTEURS SUR LIGNES MÉTALLIQUES                                       | G.300–G.399          |
| CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX HERTZIENS OU À SATELLITES ET INTERCONNEXION AVEC LES SYSTÈMES SUR LIGNES MÉTALLIQUES | G.400–G.449          |
| COORDINATION DE LA RADIOTÉLÉPHONIE ET DE LA TÉLÉPHONIE SUR LIGNES   | G.450–G.499          |
| CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION 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          |
| 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        |
| Réseaux d'accès métalliques   | G.9700–G.9799        |
| Systèmes de transmission par ligne optique pour les réseaux locaux et les réseaux d'accès   | G.9800–G.9899        |
| <b>Réseaux intérieurs</b>   | <b>G.9900–G.9999</b> |

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

# Recommandation UIT-T G.9963

## Émetteurs-récepteurs de réseau domestique filaires unifiés à haut débit – Entrées multiples/sorties multiples

### Amendement 1

#### Résumé

La Recommandation UIT-T G.9963 fait partie de la série de Recommandations UIT-T G.996x. Elle spécifie les adjonctions et les modifications à apporter aux Recommandations UIT-T G.9960 et UIT-T G.9961 dans le cas d'un émetteur-récepteur de réseau domestique à entrées multiples et sorties multiples (MIMO) capable de fonctionner sur le câblage électrique des locaux de l'utilisateur. Les émetteurs-récepteurs MIMO sont capables d'émettre et de recevoir sur les trois conducteurs de la ligne électrique (phase, neutre et terre). Cette Recommandation spécifie aussi les moyens d'interfonctionnement des émetteurs-récepteurs conformes aux Recommandations UIT-T G.9960, UIT-T G.9961 et UIT-T G.9963 en cas d'utilisation sur les mêmes fils.

L'Amendement 1 a pour objet d'harmoniser cette Recommandation avec les Recommandations UIT-T G.9960, UIT-T G.9961 et UIT-T G.9962.

#### Historique

| Édition | Recommandation             | Approbation | Commission d'études | ID unique*  |
|---------|----------------------------|-------------|---------------------|---|
| 1.0     | UIT-T G.9963               | 16-12-2011  | 15                  | <a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/11404">11.1002/1000/11404</a> |
| 1.1     | UIT-T G.9963 (2011) Amd.1  | 13-01-2014  | 15                  | <a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/12083">11.1002/1000/12083</a> |
| 1.2     | UIT-T G.9963 (2011) Cor.1  | 04-04-2014  | 15                  | <a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/12082">11.1002/1000/12082</a> |
| 2.0     | UIT-T G.9963               | 03-07-2015  | 15                  | <a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/12402">11.1002/1000/12402</a> |
| 2.1     | UIT-T G.9963 (2015) Cor. 1 | 13-04-2016  | 15                  | <a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/12819">11.1002/1000/12819</a> |
| 2.2     | UIT-T G.9963 (2015) Amd. 1 | 22-07-2016  | 15                  | <a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/12820">11.1002/1000/12820</a> |
| 3.0     | UIT-T G.9963               | 29-11-2018  | 15                  | <a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/13778">11.1002/1000/13778</a> |
| 3.1     | UIT-T G.9963 (2018) Amd. 1 | 24-04-2021  | 15                  | <a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/14533">11.1002/1000/14533</a> |

#### Mots clés

Architecture, couche DLL, G.hn, MIMO, câble téléphonique, couche PHY, ligne électrique.

\* 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 ou par des droits d'auteur afférents à des logiciels, et dont l'acquisition pourrait être requise pour mettre en œuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux responsables de la mise en œuvre de consulter les bases de données appropriées de l'UIT-T disponibles sur le site web de l'UIT-T à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2023

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

|  | <b>Page</b> |
|--|-------------|
| Amendement 1 .....   | i           |
| 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     Architecture des réseaux domestiques et modèles de référence.....                                      | 4           |
| 6     Profils .....  | 4           |
| 7     Spécification de la couche physique .....  | 4           |
| 7.1     Spécification indépendante du support .....  | 4           |
| 7.2     Spécification dépendante du support.....   | 53          |
| 8     Spécification de la couche liaison de données de l'émetteur-récepteur MIMO .....                       | 53          |
| 8.1     Modèle fonctionnel et formats de trame .....   | 53          |
| 8.2     Accès au support contrôlé par plan MAP .....   | 53          |
| 8.3     Opportunités de transmission (TXOP) et intervalles de temps (TS).....                                | 53          |
| 8.4     Paramètres de commande pour APC, LLC et MAC .....  | 53          |
| 8.5     Fonctions du nœud d'extrémité.....   | 54          |
| 8.6     Capacités fonctionnelles du nœud maître de domaine .....   | 54          |
| 8.7     Système d'adressage .....  | 55          |
| 8.8     Trame de plan d'accès au support (MAP) .....   | 55          |
| 8.9     Protocole de retransmission et d'accusé de réception .....   | 56          |
| 8.10    Format des messages de gestion et de commande.....   | 56          |
| 8.11    Protocole d'estimation de canal .....  | 58          |
| 8.12    Gestion de la connexion.....   | 91          |
| 8.13    Envoi massif de messages.....  | 91          |
| 8.14    Fonctionnement en présence de domaines voisins – Coordination de<br>domaines distribuée (NDIM) ..... | 91          |
| 8.15    Coexistence avec des réseaux étrangers sur ligne électrique.....                                     | 91          |
| 8.16    Protocole de liaison en multidiffusion sur la couche PHY .....                                       | 91          |
| 8.17    Flux multidiffusé sur la couche DLL .....  | 92          |
| 8.18    Interopérabilité entre plans de bande .....  | 92          |
| 8.19    Échange d'informations sur les nœuds et leurs capacités.....   | 92          |
| 8.20    Acquisition de mesures .....   | 92          |
| 8.21    Fonctionnement en modes d'économie d'énergie .....   | 92          |
| 8.22    Protocole de configuration et de gestion de couche 2 (LCMP).....                                     | 92          |
| 8.23    Transmission MIMO .....  | 92          |

|   | <b>Page</b> |
|---|-------------|
| 8.24 Compression des longueurs de plage des champs des messages de gestion ..   | 94          |
| 8.25 Compression de la charge utile dans les messages de gestion.....   | 94          |
| 8.26 Pool de multiplets TLV .....   | 94          |
| 9 Sécurité.....   | 94          |
| Annexe A – Exigences régionales pour l'Amérique du Nord .....   | 95          |
| Annexe B .....  | 95          |
| Annexe C – Exigences régionales pour le Japon .....   | 95          |
| Annexe D – Bandes radioamateur internationales .....  | 95          |
| Annexe E – Impact de la Recommandation UIT-T G.9960 sur le service de ligne<br>d'abonné numérique à très haute vitesse 2..... | 95          |
| Annexe F .....  | 95          |
| Annexe G – Vecteurs de test .....   | 96          |
| Annexe H – Sous-couche de convergence des protocoles d'application .....  | 96          |
| Annexe I – Interopérabilité des transmissions sur les bandes OFB de profil 1 et de profil 2 ..                                | 96          |
| Annexe J – IEEE 802.1X – Contrôle d'accès au réseau fondé sur le port .....   | 96          |
| Annexe K à Annexe W .....   | 96          |
| Annexe X – Vecteurs de test .....   | 96          |

# Recommandation UIT-T G.9963

## Émetteurs-récepteurs de réseau domestique filaires unifiés à haut débit – Entrées multiples/sorties multiples

### Amendement 1

*Note rédactionnelle: Il s'agit d'une publication du texte complet. Les modifications apportées dans le cadre du présent amendement sont indiquées par des marques de révision par rapport à la Recommandation UIT-T G.9963 (2018).*

#### 1 Domaine d'application

La présente Recommandation décrit les modifications qu'il a été nécessaire d'apporter aux Recommandations [UIT-T G.9960] et [UIT-T G.9961] pour définir le fonctionnement des émetteurs-récepteurs MIMO de réseaux domestiques sur le câblage électrique ou téléphonique. Plus précisément, la présente Recommandation inclut les éléments suivants:

- les modèles fonctionnels PHY des émetteurs-récepteurs MIMO;
- des descriptions détaillées des modifications (corrections et adjonctions) à apporter aux sections PHY et DLL relatives aux Recommandations [UIT-T G.9960] et [UIT-T G.9961];
- les moyens permettant aux émetteurs-récepteurs conformes aux Recommandations [UIT-T G.9960], [UIT-T G.9961] et à la présente Recommandation [UIT-T G.9963] d'interagir lorsqu'ils fonctionnent sur les mêmes fils; et
- les moyens permettant d'éviter que les transmissions des émetteurs-récepteurs [UIT-T G.9963] ne dégradent la qualité de fonctionnement des émetteurs-récepteurs [UIT-T G.9960] et [UIT-T G.9961] lorsqu'ils fonctionnent sur les mêmes fils.

Un émetteur-récepteur [UIT-T G.9963] doit être entièrement conforme aux Recommandations [UIT-T G.9960] et [UIT-T G.9961].

NOTE – Dans les régions ou les installations particulières où seuls deux fils sont disponibles (prises de courant secteur ne contenant que deux conducteurs ou câble téléphonique à une seule paire de brins), un modem équipé d'un émetteur-récepteur MIMO se comportera comme un émetteur-récepteur [UIT-T G.9960].

[L'Amendement 1 aligne la présente Recommandation avec les Recommandations \[UIT-T G.9960\], \[UIT-T G.9961\] et \[UIT-T G.9962\].](#)

#### 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. Une liste des Recommandations de l'UIT-T en vigueur est publiée périodiquement. La référence à un document figurant dans la présente Recommandation ne donne pas à ce document, en tant que tel, le statut de Recommandation.

[UIT-T G.9960]      *Recommandation UIT-T G.9960 (2019), Émetteurs-récepteurs unifiés de réseau domestique en câble à haute vitesse – Spécifications de l'architecture du système et de la couche physique.*

[UIT-T G.9961]      *Recommandation UIT-T G.9961 (2019), Émetteurs-récepteurs de réseau domestique filaires unifiés à haut débit – Spécification de la couche liaison de données.*

- [UIT-T G.9962] Recommandation UIT-T G.9962 (2018), *Émetteurs-récepteurs de réseau domestique filaires unifiés à haut débit – Spécification de la gestion*
- [UIT-T G.9964] Recommandation UIT-T G.9964 (2011), *Émetteurs-récepteurs de réseau domestique filaires unifiés à haut débit – Spécification de la densité spectrale de puissance.*
- [UIT-T G.9991] Recommandation UIT-T G.9991 (2019), *Émetteurs-récepteurs pour les communications par lumière visible à haut débit en intérieur – Spécifications de l'architecture de système, de la couche physique et de la couche liaison de données.*

### 3 Définitions

#### 3.1 Termes définis ailleurs

Sauf indication contraire, il convient d'appliquer les définitions des Recommandations [UIT-T G.9960] et [UIT-T G.9961].

#### 3.2 Termes définis dans la présente Recommandation

La présente Recommandation définit les termes suivants:

**3.2.1 conducteur de terre (G):** conducteur d'un circuit de dérivation électrique qui ne transporte pas le courant secteur en exploitation normale. Il permet le retour des courants de défaut de terre vers le tableau de répartition suivant un chemin de faible impédance, dans le but de protéger les personnes et les biens et d'assurer le déclenchement du disjoncteur. Ce conducteur est relié à une électrode de mise à la terre au niveau du tableau de répartition. Il est souvent appelé "conducteur de mise à la terre" des équipements (EGC, *equipment grounding connector*) dans la réglementation de certaines régions du monde.

NOTE 1 – Certains appareils électriques ne sont pas reliés au conducteur de terre.

NOTE 2 – Le neutre et le conducteur de terre sont souvent liés ensemble dans le tableau de répartition et nulle part ailleurs, en raison de leur liaison commune à l'électrode de mise à la terre.

**3.2.2 canal MIMO:** canal doté de plusieurs ports d'entrée (ports Tx) et de plusieurs ports de sortie (ports Rx). Un canal MIMO "2 X 2" comporte deux ports Tx et deux ports Rx.

**3.2.3 transmission MIMO:** transmission dans laquelle un ou deux flux spatiaux sont convertis en deux flux d'émission.

**3.2.4 conducteur neutre (N):** conducteur d'un circuit de dérivation électrique qui sert de conducteur de référence et de chemin de retour au courant fourni par le(s) conducteur(s) de phase du circuit. Ce conducteur peut être relié à une électrode de mise à la terre au niveau du tableau de répartition. Lorsque c'est le cas, ce conducteur est appelé "conducteur mis à la terre" dans la réglementation de certaines régions du monde.

NOTE – Tous les circuits de dérivation ne comportent pas de conducteur neutre. Il ne faut pas confondre le "conducteur mis à la terre" et le "conducteur de terre" ou EGC.

**3.2.5 conducteur de phase (P):** conducteur d'un circuit de dérivation électrique qui est soumis à la tension du réseau par rapport au conducteur de référence du circuit. Il est souvent appelé conducteur de ligne dans la réglementation de certaines régions du monde.

**3.2.6 flux spatial:** flux de données qui peut être mappé sur un ou plusieurs ports en vue de la transmission.

**3.2.7 flux d'émission:** flux de symboles généré par le mappeur de ports Tx. Chaque flux d'émission est affecté à un port Tx spécifique en vue de sa transmission.

**3.2.8 port Tx (ou Rx):** dans une ligne électrique, connexion physique au support de la ligne électrique utilisant une combinaison des trois conducteurs disponibles – phase (P), neutre (N) et terre (G) – pour émettre et recevoir des signaux. Par exemple, une paire de conducteurs P-N, N-G ou P-G constitue un port. Dans un câble téléphonique, un port est une connexion physique à une paire de conducteurs. On appelle "port Tx" un port servant à la transmission, et "port Rx" un port servant à la réception.

**3.2.9 mappeur de ports Tx:** fonction qui fait correspondre, à des paires de points de constellation attribués aux deux flux spatiaux sur une même sous-porteuse, une paire de signaux modifiés qui sont connectés aux ports Tx après modulation de multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (OFDM), c'est-à-dire après application d'une transformation de Fourier discrète inverse (IDFT).

## 4 Abréviations et acronymes

La présente Recommandation utilise les abréviations et acronymes suivants:

|            |  |
|------------|--|
| ACE        | estimation de canaux supplémentaires ( <i>additional channel estimation</i> )                                  |
| APC        | convergence du protocole d'application ( <i>application protocol convergence</i> )                             |
| BAT        | table d'attribution des bits ( <i>bit allocation table</i> )   |
| BMAT       | table d'attribution des bits et de mappage des ports Tx ( <i>bit and Tx port mapping allocation table</i> )    |
| DLL        | couche liaison de données ( <i>data link layer</i> )   |
| DOD        | identificateur de domaine ( <i>domain identifier</i> )   |
| DSL        | ligne d'abonné numérique ( <i>digital subscriber line</i> )  |
| EGC        | conducteur de mise à la terre des équipements ( <i>equipment grounding conductor</i> )                         |
| FEC        | correction d'erreur directe ( <i>forward error correction</i> )  |
| IDFT       | transformation de Fourier discrète inverse ( <i>inverse discrete Fourier transform</i> )                       |
| IDPS       | signal de présence interdomaine ( <i>inter-domain presence signal</i> )  |
| ISC        | sous-porteuse inactive ( <i>inactive sub-carrier</i> )   |
| LFSR       | registre à décalage avec réinjection linéaire ( <i>linear feedback shift register</i> )                        |
| LSB        | bit de plus faible poids ( <i>least significant bit</i> )  |
| MAC        | couche d'accès au support ( <i>medium access control</i> )   |
| MAP        | plan d'accès au support ( <i>medium access plan</i> )  |
| MAT        | table d'attribution de mappage ( <i>mapping allocation table</i> )   |
| MDI        | interface dépendante du support ( <i>medium-dependent interface</i> )  |
| MIMO       | entrée multiple/sortie multiple ( <i>multiple input/multiple output</i> )                                      |
| MPDU       | unités de données de protocole MAC ( <i>media access control protocol data unit</i> )                          |
| MSC        | sous-porteuse masquée ( <i>masked sub-carrier</i> )  |
| <u>OFB</u> | <u>bande de fréquences de fonctionnement</u> ( <i>operational frequency band</i> )                             |
| OFDM       | multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence ( <i>orthogonal frequency division multiplexing</i> ) |
| PCS        | sous-couche de codage physique ( <i>physical coding sub-layer</i> )  |
| PG         | groupement de précodage ( <i>precoding grouping</i> )  |

|      |   |
|------|---|
| PHY  | couche physique   |
| PMA  | connexion au support physique ( <i>physical medium attachment</i> )                         |
| PMD  | dépendant du support physique ( <i>physical medium dependent</i> )                          |
| PMI  | interface indépendante du support physique ( <i>physical medium-independent interface</i> ) |
| PMSC | sous-porteuse masquée à titre permanent ( <i>permanently masked sub-carrier</i> )           |
| PR   | résolution de priorité ( <i>priority resolution</i> )                                       |
| PSD  | densité spectrale de puissance ( <i>power spectral density</i> )                            |
| QoS  | qualité de service ( <i>quality of service</i> )  |
| RMAP | plan d'accès au support relayé ( <i>relayed medium access plan</i> )                        |
| RMSC | sous-porteuse masquée de façon régionale ( <i>regionally masked sub-carrier</i> )           |
| SM   | marque de sous-porteuse ( <i>sub-carrier mark</i> )   |
| SS   | flux spatial ( <i>spatial stream</i> )  |
| SSC  | sous-porteuse gérée ( <i>supported sub-carrier</i> )  |
| TPM  | mappage de ports Tx ( <i>Tx port mapping</i> )  |
| TS   | intervalle de temps ( <i>time slot</i> )  |
| TXOP | opportunité de transmission ( <i>transmission opportunity</i> )                             |

## 5 Architecture des réseaux domestiques et modèles de référence

Voir le paragraphe 5 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

## 6 Profils

Voir le paragraphe 6 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

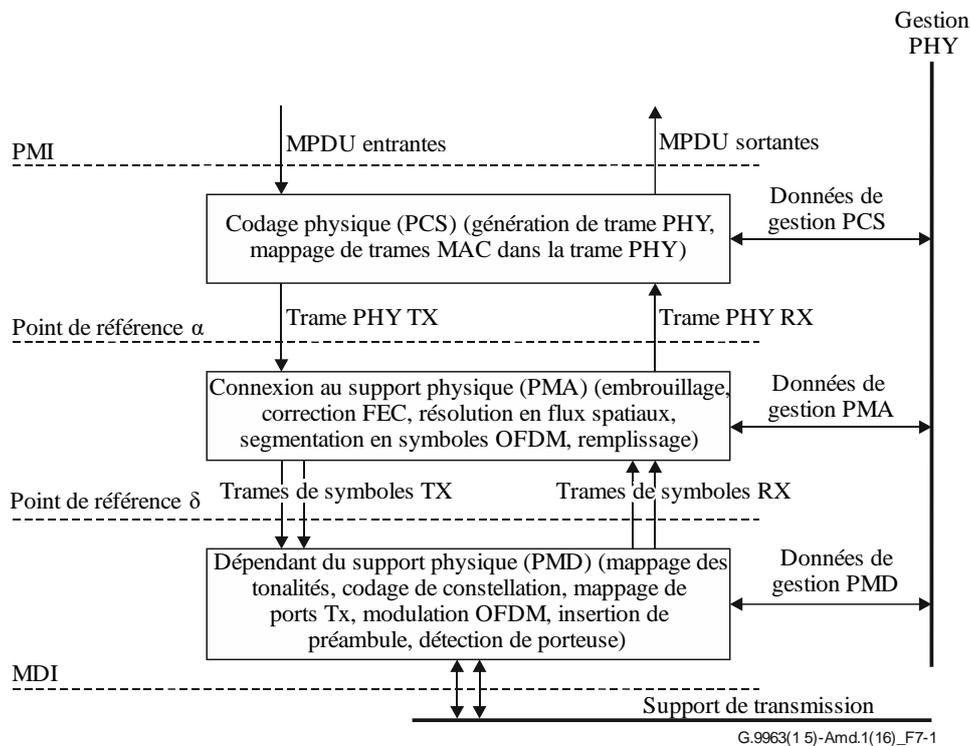
## 7 Spécification de la couche physique

### 7.1 Spécification indépendante du support

#### 7.1.1 Modèle fonctionnel de la couche physique (PHY)

Comme indiqué au paragraphe 1, un émetteur-récepteur conforme à la Recommandation [UIT-T G.9963], c'est-à-dire un émetteur-récepteur MIMO, doit être entièrement conforme aux Recommandations [UIT-T G.9960] et [UIT-T G.9961]. En tant que tel, un émetteur-récepteur MIMO peut fonctionner sur la base des modèles fonctionnels décrits au paragraphe 7.1.1 (modèle PHY général), au paragraphe 7.1.2 (PCS), au paragraphe 7.1.3 (PMA) et au paragraphe 7.1.4 (PMD) de la Recommandation [UIT-T G.9960]. Un tel fonctionnement, qui a pour effet de produire une transmission [UIT-T G.9960], peut être utilisé dans certains scénarios de transmission décrits au paragraphe 7.1.2.1.

Le modèle fonctionnel de la couche PHY d'un émetteur-récepteur MIMO dans le cas d'une transmission MIMO est présenté à la Figure 7-1. Les interfaces PMI et MDI sont deux points de référence de démarcation entre, respectivement, PHY et MAC, et PHY et le support de transmission. Les points de référence internes  $\delta$  et  $\alpha$  séparent PMD et PMA d'une part, PCS et PMA d'autre part.



G.9963(1 5)-Amd.1(16)\_F7-1

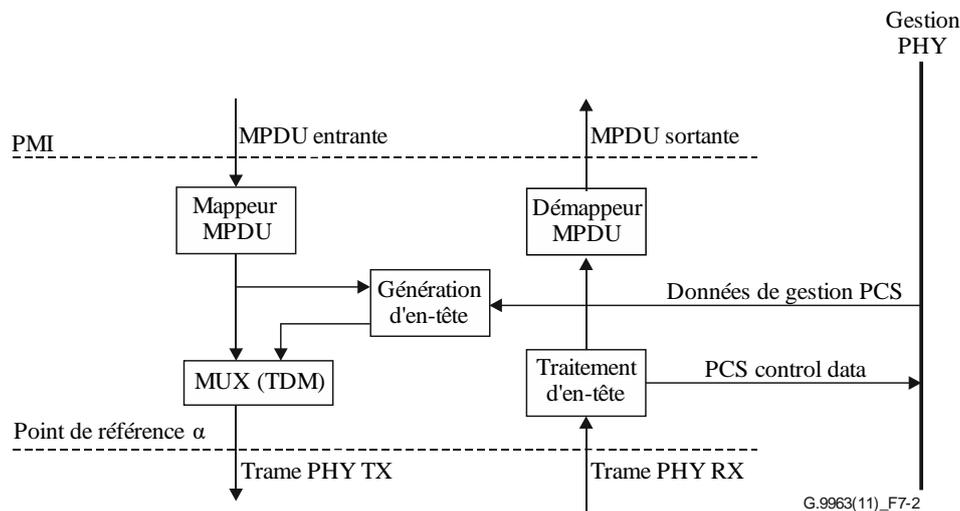
**Figure 7-1 – Modèle fonctionnel PHY de l'émetteur-récepteur MIMO**

Dans le sens de l'émission, les données pénètrent dans la couche PHY depuis la couche MAC via l'interface PMI par blocs d'octets appelés unités de données de protocole MAC (MPDU). Les MPDU entrantes sont mappées dans une trame PHY générée dans la sous-couche PCS. La trame PHY est embrouillée, codée et résolue en flux spatiaux (SS) puis segmentée en trames de symboles par modulation OFDM dans la couche PMA. Les trames de symboles de chaque flux spatial sont mappées sur les sous-porteuses OFDM, modulées puis mappées sur les ports Tx de la sous-couche PMD et transmises sur le support en utilisant la modulation OFDM avec les paramètres pertinents. Un préambule et des symboles d'estimation de canal (CES) sont ajoutés dans la PMD pour faciliter la synchronisation et l'estimation de canal côté récepteur.

Dans le sens de la réception, les trames en provenance du support (également reçues sur des ports Rx multiples) via l'interface MDI sont démodulées et décodées. Les MPDU récupérées sont transmises à la couche MAC via l'interface PMI. Les en-têtes de trames PHY (ci-après en-têtes PFH, *PHY frame headers*) sont traités dans la couche PHY pour obtenir les paramètres de trame pertinents décrits au paragraphe 7.2.3.

### 7.1.2 Sous-couche codage physique (PCS)

Le modèle fonctionnel PCS est décrit à la Figure 7-2. Il vise à décrire plus en détail le bloc fonctionnel PCS représenté à la Figure 7-1.



**Figure 7-2 – Modèle fonctionnel PCS**

Dans le sens de l'émission, les MPDU entrantes sont mappées dans un champ de charge utile d'une trame PHY (paragraphe 7.1.2.1) comme décrit au paragraphe 7.1.2.2. L'en-tête de trame PHY (paragraphe 7.1.2.3) est par ailleurs ajouté pour former une trame PHY TX. La trame PHY TX est transmise via le point de référence  $\alpha$  en vue d'un traitement ultérieur dans PMA.

Dans le sens de la réception, l'en-tête et la charge utile de la trame PHY sont décodés puis traités. Les MPDU initialement transmises sont récupérées depuis la charge utile des trames PHY reçues et soumises à l'interface PMI. Les informations de contrôle pertinentes transmises dans l'en-tête des trames PHY sont traitées et soumises à l'entité de gestion PHY.

### 7.1.2.1 Trame PHY

Comme indiqué au paragraphe 7.1.1, un émetteur-récepteur MIMO est capable d'émettre selon les deux systèmes de transmission suivants:

- transmission [UIT-T G.9960] s'appuyant sur les modèles de référence et le format de trame PHY définis dans la Recommandation [UIT-T G.9960];
- transmission MIMO s'appuyant sur les modèles de référence et le format de trame PHY définis dans la Recommandation [UIT-T G.9963].

Le format des trames PHY employées pour les transmissions [UIT-T G.9960] est présenté au paragraphe 7.1.2.1 de la Recommandation [UIT-T G.9960]. Le format des trames PHY employées pour les transmissions MIMO est présenté dans le présent paragraphe.

Le Tableau 7-1 décrit la règle de transmission (format de trame PHY) que doit utiliser un nœud [UIT-T G.9963] lorsqu'il émet en direction d'un nœud [UIT-T G.9960/G.9961] et/ou d'un nœud [UIT-T G.9963].

**Tableau 7-1 – Règle de transmission (format de trame PHY) pour un nœud UIT-T G.9963 selon le type de récepteur visé**

|    | <b>Dispositifs sources</b> | <b>Dispositifs destinataires</b> | <b>Nombre de flux spatiaux pour la charge utile</b> | <b>MIMO_IND</b> | <b>Détails de la transmission</b>  | <b>Système de transmission</b>                   |
|----|----------------------------|----------------------------------|---|-----------------|--|--|
| 1  | UIT-T G.9963               | UIT-T G.9963                     | S/O   | S/O             | Trames sans charge utile destinées aux récepteurs [UIT-T G.9963] (p. ex. RTS, CTS, ACK, ACKRQ).                      | Transmission MIMO ou [UIT-T G.9960] (voir Note). |
| 2  | UIT-T G.9963               | UIT-T G.9960                     | S/O   | S/O             | Trames sans charge utile destinées aux récepteurs [UIT-T G.9960]   | Transmission MIMO ou [UIT-T G.9960] (voir Note). |
| 3  | UIT-T G.9963               | UIT-T G.9963 et UIT-T G.9960     | S/O   | S/O             | Trames sans charge utile destinées aux récepteurs [UIT-T G.9963] et [UIT-T G.9960] (ce type de trames n'existe pas). | S/O  |
| 4a | UIT-T G.9963               | UIT-T G.9963                     | 2   | 1               | Trames avec charge utile destinées aux récepteurs [UIT-T G.9963] (p. ex. MSG, BMSG, BACK, PROBE).                    | Transmission MIMO                                |
| 4b |                            |                                  | 1   | 0               |  | Transmission MIMO ou [UIT-T G.9960] (voir Note). |
| 5  | UIT-T G.9963               | UIT-T G.9960                     | 1   | 0               | Trames avec charge utile destinées aux récepteurs [UIT-T G.9960]   | Transmission MIMO ou [UIT-T G.9960] (voir Note). |
| 6  | UIT-T G.9963               | UIT-T G.9963 et UIT-T G.9960     | 1   | 0               | Trames avec charge utile destinées aux récepteurs [UIT-T G.9963] et [UIT-T G.9960]                                   | Transmission MIMO ou [UIT-T G.9960] (voir Note). |

**Tableau 7-1 – Règle de transmission (format de trame PHY) pour un nœud UIT-T G.9963 selon le type de récepteur visé**

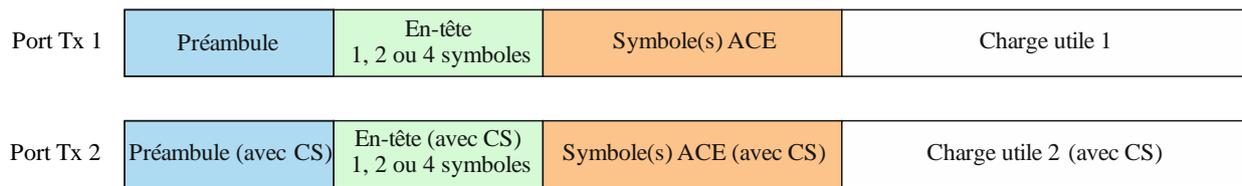
|   | <b>Dispositifs sources</b> | <b>Dispositifs destinataires</b> | <b>Nombre de flux spatiaux pour la charge utile</b> | <b>MIMO_IND</b> | <b>Détails de la transmission</b>       | <b>Système de transmission</b>                   |
|---|----------------------------|----------------------------------|---|-----------------|---|--|
|   |                            |                                  |   |                 | (p. ex. diffusion, MAP).                |  |
| 7 | UIT-T G.9963               | UIT-T G.9963 et UIT-T G.9960     | S/O   | S/O             | Signaux (p. ex. INUSE, PR, NACK, IDPS). | Transmission MIMO ou [UIT-T G.9960] (voir Note). |

NOTE – Le dispositif source décide du système à utiliser au moment de l'enregistrement. Le système ne change plus tant que le dispositif est enregistré, quel que soit le type de dispositif destinataire avec lequel il communique.

Le format des trames PHY pour les transmissions MIMO est présenté à la Figure 7-3. La trame PHY au niveau du point de référence  $\alpha$  comporte un en-tête et une charge utile. Les symboles du préambule et d'estimation de canal supplémentaire (ACE) sont ajoutés à la trame PHY dans la sous-couche PMD. Aucun de ces symboles de préambule et d'estimation de canal ne transporte de données de gestion ni de données utilisateur, leur rôle étant d'assurer la synchronisation et l'estimation des canaux. Au niveau de l'interface MDI, la transmission respecte les règles suivantes, décrites plus en détail au paragraphe 7.1.4:

- Le(s) symbole(s) ACE/du préambule/de l'en-tête et la charge utile sont transmis simultanément sur les deux ports Tx.
- Le(s) symbole(s) du préambule et de l'en-tête transmis sur le second port Tx sont des copies des symboles de préambule et d'en-tête transmis sur le premier port Tx.
- La charge utile peut être créée sous la forme de deux flux spatiaux ou d'un seul, ce qui est indiqué par la valeur du champ MIMO\_IND, défini respectivement sur un (deux flux spatiaux) et sur zéro (un flux spatial) dans l'en-tête PFH.
- Symboles ACE:
  - Lorsque la transmission prend la forme de deux flux spatiaux (ce qui correspond au cas "4a" dans le Tableau 7-1):
    - Les symboles ACE impairs (à compter du premier symbole ACE, impair par principe) transmis sur le second port Tx sont les versions inverses des symboles ACE de même numéro transmis sur le premier port Tx.
    - Les symboles ACE pairs transmis sur le second port Tx sont identiques aux symboles ACE de préambule et d'en-tête transmis sur le premier port Tx.
 Dans ce cas, un symbole ACE est obligatoire. Les symboles ACE supplémentaires sont facultatifs.
  - Dans tous les autres cas où la transmission comprend une charge utile créée sous la forme d'un flux spatial unique (cas "4b", "5" et "6" du Tableau 7-1), les symboles ACE devant être transmis sur le second port Tx sont identiques aux symboles ACE de même numéro transmis sur le premier port Tx. Dans ces cas de figure, tous les symboles ACE sont facultatifs.

- La transmission sur le second port Tx s'effectue avec un décalage cyclique par rapport à la transmission sur le premier port Tx.



G.9963(11)\_F7-3

**Figure 7-3 – Format de la trame PHY dans une transmission MIMO**

L'en-tête et la charge utile de la trame PHY contiennent chacun un nombre entier de symboles OFDM.

L'en-tête de la trame PHY tient toujours dans un nombre entier de symboles OFDM et il est transmis en utilisant un seul jeu prédéfini de paramètres de modulation et de codage (voir le paragraphe 7.1.3.4).

La présence de symboles ACE dépend du type de trame (voir par exemple le paragraphe 7.1.2.3.2.2.17).

La longueur de la charge utile peut varier d'une trame à l'autre; elle peut être nulle. Différents paramètres de codage et chargement de bits peuvent être employés pour la charge utile dans les différentes trames, en fonction des caractéristiques de canal et de bruit et des exigences en matière de qualité de service.

Dans tous les cas présentés au Tableau 7-1 où un nœud peut choisir une transmission [UIT-T G.9960] ou une transmission MIMO, le nœud sélectionne une règle de transmission au moment de l'enregistrement et il doit s'y tenir tant qu'il est enregistré. Par exemple, si un nœud décide d'utiliser une règle de transmission [UIT-T G.9960], il devra appliquer cette même règle dans les cas 1, 2, 4b, 5, 6 et 7. Pour pouvoir changer de règle de transmission, un nœud doit se désinscrire d'un domaine et s'enregistrer de nouveau auprès de celui-ci.

NOTE – Étant donné que la règle de transmission pour un nœud donné et un flux spatial unique ne change pas d'une trame à l'autre, les canaux perçus par les autres nœuds du domaine sont cohérents d'une trame à l'autre.

Une vue d'ensemble des types de trames PHY utilisées dans la présente Recommandation est présentée dans le Tableau 7-1 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

### 7.1.2.2 Mappage des MPDU

Voir le paragraphe 7.1.2.2 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

### 7.1.2.3 En-tête des trames PHY

Voir le paragraphe 7.1.2.3 de [UIT-T G.9960].

#### 7.1.2.3.1 Champs de la partie commune

Voir le paragraphe 7.1.2.3.1 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### 7.1.2.3.2 Champs de la partie variable

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

##### 7.1.2.3.2.1 Champs spécifiques aux trames PHY de type MAP et RMAP

Voir le paragraphe 7.1.2.3.1 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

##### 7.1.2.3.2.2 Champs spécifiques aux trames PHY de type MSG

Le Tableau 7-2 détaille les champs d'en-tête des trames PHY spécifiques au type de trame MSG.

**Tableau 7-2 – Champs spécifiques aux trames PHY de type MSG**

| <b>Champ</b>   | <b>Octet</b> | <b>Bits</b> | <b>Description</b>   | <b>Référence</b>             |
|----------------|--------------|-------------|--|------------------------------|
| MSG_DUR        | 0 et 1       | [15:0]      | Durée d'émission pour la trame MSG   | § 7.1.2.3.2.2.1              |
| BLKSZ          | 2            | [1:0]       | Taille de bloc du mot de code de correction FEC pour la charge utile de la trame MSG   | § 7.1.2.3.2.2.2              |
| FEC_RATE       |              | [4:2]       | Débit de codage FEC pour la charge utile de la trame MSG   | § 7.1.2.3.2.2.3              |
| REP            |              | [7:5]       | Nombre de répétitions employées pour le codage de la charge utile de la trame MSG  | § 7.1.2.3.2.2.4              |
| FCF            | 3            | [2:0]       | Facteur de concaténation de correction FEC   | § 7.1.2.3.2.2.5              |
| SI             |              | [6:3]       | Initialisation de l'embrouilleur   | § 7.1.2.3.2.2.6              |
| MDET           |              | [7]         | Détection du maître  | § 7.1.2.3.2.2.7              |
| BAT_ID/BMAT_ID | 4            | [4:0]       | Identificateur de table d'attribution des bits/Identificateur de table d'attribution des bits et de mappage des ports Tx pour MIMO | § 7.1.2.3.2.2.8              |
| OFB/GRP_ID     |              | [7:5]       | Identificateur OFB/identificateur de groupement de sous-porteuses  | § 7.1.2.3.2.2.9              |
| GI_ID          | 5            | [2:0]       | Identificateur de l'intervalle de garde  | § 7.1.2.3.2.2.10             |
| APSD_MAX-M     |              | [7:3]       | APSD_MAX-M d'une trame MSG   | § 7.1.2.3.2.2.11             |
| CONNECTION_ID  | 6            | [7:0]       | Identificateur de connexion  | § 7.1.2.3.2.2.12             |
| RPRQ           | 7            | [1:0]       | Réponse requise  | § 7.1.2.3.2.2.13             |
| BRSTCnt        |              | [3:2]       | Numéro d'ordre de la trame dans la rafale  | § 7.1.2.3.2.2.14             |
| BEF            |              | [4]         | Fanion de fin de rafale  | § 7.1.2.3.2.2.15             |
| AIFG_IND       |              | [5]         | Indication AIFG  | § 7.1.2.3.2.2.16             |
| MIMO_IND       |              | [6]         | Indication MIMO  | § 7.1.2.3.2.2.24             |
| APSD_MAX_EXT   |              | [7]         | Extension APSD_MAX-M   | § 7.1.2.3.2.2.26             |
| ACE_SYM        |              | 8           | [2:0]  | Nombre de symboles ACE       |
| CNN_MNGMT      | [6:3]        |             | Gestion de la connexion  | § 7.1.2.3.2.2.18             |
| Réservé        | [7]          |             | Réservé  | Réservé par l'UIT-T (Note 1) |
| BRURQ          | 9 et 10      | [15:0]      | Demande d'actualisation de réservation de bande passante   | § 7.1.2.3.2.2.19 (Note 2)    |
| START_SSN      | 9 et 10      | [15:0]      | Numéro de séquence du segment de départ  | § 7.1.2.3.2.2.20 (Note 3)    |
| CURRTS         | 11           | [6:0]       | Intervalle de temps actuel   | § 7.1.2.3.2.2.21             |

**Tableau 7-2 – Champs spécifiques aux trames PHY de type MSG**

| <b>Champ</b>     | <b>Octet</b>        | <b>Bits</b>          | <b>Description</b>   | <b>Référence</b>   |
|------------------|---------------------|----------------------|--|--|
| BTXRQ            |                     | [7]                  | Demande de transmission bidirectionnelle   | § 7.1.2.3.2.2.22   |
| NUM_MCAACK_SLOTS | 12                  | [2:0]                | Nombre d'intervalles Mc-ACK  | § 7.1.2.3.2.2.23   |
| ADVISED_WIN_SIZE |                     | [7:3]                | À l'établissement de la connexion, ce champ peut indiquer une taille de fenêtre conseillée | § 7.1.2.3.2.2.25 (Note 4)                                  |
| <u>Réservé</u>   | <u>13</u>           | <u>[0]</u>           | <u>Réservé</u>   | <u>Usage réservé pour la Recommandation [UIT-T G.9991]</u> |
| <u>Réservé</u>   |                     | <u>[7:1]</u>         | <u>Réservé</u>   | <u>Réservé par l'UIT-T (Note 1)</u>                        |
| Réservé          | <del>13</del> et 14 | <del>[15]</del> :0 ] | Réservé  | Réservé par l'UIT-T (Note 1)                               |

NOTE 1 – Les bits qui sont réservés par l'UIT-T doivent être mis à zéro par l'émetteur et ne pas être pris en compte par le récepteur.

NOTE 2 – Le champ BRURQ est défini lorsque le champ START\_SSN n'est pas défini (voir la Note 3).

NOTE 3 – Le champ START\_SSN est défini uniquement lorsque CNN\_MNGMT = 0001, CNN\_MNGMT = 0011, CNN\_MNGMT = 0101 ou CNN\_MNGMT = 0111. Dans tous les autres cas, la signification de ce champ est BRURQ.

NOTE 4 – Le champ ADVISED\_WIN\_SIZE est défini uniquement lorsque CNN\_MNGMT = 0101. Dans tous les autres cas, les bits sont réservés par l'UIT-T et doivent être mis à zéro par l'émetteur et ne pas être pris en compte par le récepteur.

#### **7.1.2.3.2.2.1 Durée d'émission pour la trame MSG (MSG\_DUR)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.1 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.2.2 Taille de bloc (BLKSZ)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.2 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.2.3 Débit de codage FEC (FEC\_RATE)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.3 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.2.4 Répétitions (REP)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.4 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.2.5 Facteur de concaténation de correction FEC (FCF)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.5 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.2.6 Initialisation de l'embrouilleur (SI)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.6 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.2.7 Indication de détection du maître (MDET)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.7 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

### 7.1.2.3.2.2.8 BAT\_ID/BMAT\_ID

Lorsque ce champ est interprété en tant que BAT\_ID (c'est-à-dire lorsque MIMO\_IND = 0), on se reportera au paragraphe 7.1.2.3.2.2.8 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

Lorsque ce champ est interprété en tant que BMAT\_ID (c'est-à-dire lorsque MIMO\_IND = 1), le champ BMAT\_ID identifie la table BMAT, laquelle est composée:

- des tables d'attribution des bits (BAT) des deux flux spatiaux de la trame PHY, à savoir BAT<sup>(1)</sup> pour le flux spatial 1 et BAT<sup>(2)</sup> pour le flux spatial 2, et
- de la table d'attribution de mappage des ports Tx (MAT) de la trame PHY.

Le champ BMAT\_ID est représenté sous la forme d'un entier non signé de 5 bits. Les valeurs valables de ce champ sont détaillées dans le Tableau 7-3.

**Tableau 7-3 – Affectation de BMAT\_ID**

| BMAT_ID | Type de MAT                                   | Type de BAT <sup>(1)</sup>                    | Type de BAT <sup>(2)</sup>                    | Description   |
|---------|---|---|---|---|
| 0       | MAT prédéfinie, Type 0                        | BAT prédéfinie, Type 0                        | Note 1  | BMAT prédéfinie, transmission sur le seul port Tx 1   |
| 1       | MAT prédéfinie, Type 0                        | BAT prédéfinie, Type 1                        |   |   |
| 2       | MAT prédéfinie, Type 0                        | BAT prédéfinie, Type 3                        | Note 2  |   |
| 3       | MAT prédéfinie, Type 0                        | BAT prédéfinie, Type 2                        |   |   |
| 4       | MAT prédéfinie, Type 1                        | Note 1  | BAT prédéfinie, Type 0                        | BMAT prédéfinie, transmission sur le seul port Tx 2   |
| 5       | MAT prédéfinie, Type 1                        |   | BAT prédéfinie, Type 1                        |   |
| 6       | MAT prédéfinie, Type 1                        | Note 2  | BAT prédéfinie, Type 3                        |   |
| 7       | MAT prédéfinie, Type 1                        |   | BAT prédéfinie, Type 2                        |   |
| 8       | MAT prédéfinie, Type 2                        | BAT prédéfinie, Type 0                        | BAT prédéfinie, Type 0                        | BMAT prédéfinie, MIMO, mappage direct ( <i>TPM</i> 0) |
| 9       | MAT prédéfinie, Type 2                        | BAT prédéfinie, Type 1                        | BAT prédéfinie, Type 1                        |   |
| 10      | MAT prédéfinie, Type 2                        | BAT prédéfinie, Type 3                        | BAT prédéfinie, Type 3                        |   |
| 11      | MAT prédéfinie, Type 2                        | BAT prédéfinie, Type 2                        | BAT prédéfinie, Type 2                        |   |
| 12 à 15 | Réservés par l'UIT-T pour les MAT prédéfinies | Réservés par l'UIT-T pour les BAT prédéfinies | Réservés par l'UIT-T pour les BAT prédéfinies | Réservés par l'UIT-T pour les BMAT prédéfinies        |
| 16 à 27 | MAT d'exécution                               | BAT d'exécution                               | BAT d'exécution                               | BMAT d'exécution, MAT d'exécution et BAT              |

**Tableau 7-3 – Affectation de BMAT\_ID**

| <b>BMAT_ID</b>   | <b>Type de MAT</b>   | <b>Type de BAT<sup>(1)</sup></b> | <b>Type de BAT<sup>(2)</sup></b> | <b>Description</b>   |
|--|----------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------|
| 28 à 31  | Réservés par l'UIT-T | Réservés par l'UIT-T             | Réservés par l'UIT-T             | Réservés par l'UIT-T |
| <p>NOTE 1 – La table BAT assure un chargement 0 bit uniforme sur toutes les sous-porteuses, à l'exception de l'ensemble de sous-porteuses PMSC (en d'autres termes, aucun bit de données n'est chargé sur ce flux spatial).</p> <p>NOTE 2 – La table BAT assure un chargement 0 bit uniforme sur toutes les sous-porteuses, à l'exception de l'ensemble de sous-porteuses PMSC et des ensembles de sous-porteuses RMSC (série complète de SSC); en d'autres termes, aucun bit de données n'est chargé sur ce flux spatial.</p> |                      |                                  |                                  |                      |

Il est possible d'attribuer un ou plusieurs BMAT\_ID à chaque destination (par destinataire DID en unidiffusion, voir le paragraphe 7.1.2.3.1.5 de la Recommandation [UIT-T G.9960]).

**7.1.2.3.2.2.9 Identificateur OFB/identificateur de groupement de sous-porteuses (OFB\_ID/GRP\_ID)**

Si MIMO\_IND est défini sur zéro, voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.9 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

Si MIMO\_IND est défini sur un, les règles suivantes s'appliquent.

Pour les tables BMAT prédéfinies à chargement uniforme (utilisant des tables BAT prédéfinies de type 0, 1, 2 ou 3), le champ OFB\_ID contient l'identificateur de la bande de fréquences de fonctionnement utilisée par le nœud; il est codé comme indiqué au Tableau 7-10 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

Pour les tables BMAT d'exécution, ce champ est mis à zéro par l'émetteur et il n'est pas pris en compte par le récepteur.

**7.1.2.3.2.2.10 Identificateur de l'intervalle de garde (GI\_ID)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.10 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

**7.1.2.3.2.2.11 PSD réelle maximale de trame MSG (APSD\_MAX-M)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.11 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

**7.1.2.3.2.2.12 Identificateur de connexion (CONNECTION\_ID)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.12 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

**7.1.2.3.2.2.13 Réponse requise (RPRQ)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.13 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

**7.1.2.3.2.2.14 Numéro d'ordre de la trame dans la rafale (BRSTCnt)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.14 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

**7.1.2.3.2.2.15 Fanion de fin de rafale (BEF)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.15 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

**7.1.2.3.2.2.16 Indication AIFG (AIFG\_IND)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.16 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

**7.1.2.3.2.2.17 Symboles ACE (ACE\_SYM)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.17 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

Si MIMO\_IND est défini sur un, ACE\_SYM ne doit pas être défini sur 000<sub>2</sub>.

#### **7.1.2.3.2.2.18 Gestion de la connexion (CNN\_MNGMT)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.18 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.2.19 Demande d'actualisation de réservation de bande passante (BRURQ)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.19 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.2.20 Numéro de séquence du segment de départ (START\_SSN)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.20 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.2.21 Intervalle de temps actuel (CURRTS)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.21 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.2.22 Demande de transmission bidirectionnelle (BTXRQ)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.22 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.2.23 Nombre d'intervalles Mc-ACK (NUM\_MCAACK\_SLOTS)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.23 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.2.24 Indication MIMO (MIMO\_IND)**

Le champ MIMO\_IND signale une transmission MIMO dont la charge utile est créée sous la forme de deux flux spatiaux et destinée à des récepteurs [UIT-T G.9963] (cas "4a" du Tableau 7-1). Ce type de transmission requiert au moins un symbole d'estimation de canal supplémentaire (ACE) après l'en-tête PHY (PFH).

Ce champ est codé sur 1 bit. Il est défini sur un dans le cas "4a" du Tableau 7-1 et mis à zéro dans tous les autres cas applicables (cas "4b", "5" et "6" du Tableau 7-1).

#### **7.1.2.3.2.2.25 Taille de fenêtre conseillée (ADVISED\_WIN\_SIZE)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.24 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.2.26 Extension APSD\_MAX-M**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.25 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

### **7.1.2.3.2.3 Champs spécifiques aux trames PHY de type ACK**

Le Tableau 7-4 énumère les champs d'en-tête des trames PHY spécifiques à la partie principale de l'en-tête des trames PHY de type ACK.

**Tableau 7-4 – Champs spécifiques aux trames PHY de type ACK**

| <b>Champ</b> | <b>Octet</b> | <b>Bits</b> | <b>Description</b>                      | <b>Référence</b>                                    |
|--------------|--------------|-------------|---|---|
| FLCTRL_CONN  | 0            | [0]         | Fanion de connexion au contrôle de flux | § 7.1.2.3.2.3.1 de la Recommandation [UIT-T G.9960] |
| FLCTRLT      |              | [1]         | Type de contrôle de flux                | § 7.1.2.3.2.3.2 de la Recommandation [UIT-T G.9960] |
| FLCTRL       |              | [6:2]       | Contrôle de flux                        | § 7.1.2.3.2.3.3 de la Recommandation [UIT-T G.9960] |

**Tableau 7-4 – Champs spécifiques aux trames PHY de type ACK**

| Champ  | Octet  | Bits    | Description  | Référence   |
|--|--------|---------|--|---|
| FLCTRL_EXT   |        | [7]     | Extension de contrôle de flux  | § 7.1.2.3.2.3.11 de la Recommandation [UIT-T G.9960]                              |
| RXRST_DATA   | 1      | [0]     | Fanion de réinitialisation Rx des données  | § 7.1.2.3.2.3.5 de la Recommandation [UIT-T G.9960]                               |
| RXRST_MNGMT  |        | [1]     | Fanion de réinitialisation Rx de gestion   | § 7.1.2.3.2.3.6 de la Recommandation [UIT-T G.9960]                               |
| BAD_BURST  |        | [2]     | Signale une rafale contenant des erreurs   | § 7.1.2.3.2.3.7 de la Recommandation [UIT-T G.9960]                               |
| BTXRQ  |        | [3]     | Demande de transmission bidirectionnelle   | § 7.1.2.3.2.3.4 de la Recommandation [UIT-T G.9960]                               |
| EXTACKRQ   |        | [4]     | Demande d'accusé de réception étendu   | § 7.1.2.3.2.3.10 de la Recommandation [UIT-T G.9960]                              |
| Réservé  |        | [7:5]   | Réservé  | <u>Réservé par l'Usage réservé pour la Recommandation [UIT-T G.9991] (Note 2)</u> |
| ACK_CE_CTRL/RX_CONN_WIN_SIZE   | 2      | [7:0]   | Estimation de canal ACK/Taille de la fenêtre côté récepteur pour la connexion (Note 1) | § 7.1.2.3.2.3.1   |
| ACKDATA/MACK_D   | 3 à 14 | [90:0]  | Données d'accusé de réception et descripteur Mc-ACK                                    | § 7.1.2.3.2.3.9 de la Recommandation [UIT-T G.9960]                               |
| Réservé  |        | [95:91] | Réservé  | Réservé par l'UIT-T (Note 2)  |
| <p>NOTE 1 – Ce champ est interprété en tant que RX_CONN_WIN_SIZE uniquement lorsque la trame ACK est envoyée en réponse à une trame MSG demandant l'établissement ou la réinitialisation d'une connexion de données ou de gestion (c'est-à-dire lorsque le champ CNN_MNGMT de la trame MSG est défini sur 0101<sub>2</sub>, 0001<sub>2</sub>, 0011<sub>2</sub> ou 0111<sub>2</sub>).</p> <p>NOTE 2 – Les bits qui sont réservés par l'UIT-T doivent être mis à zéro par l'émetteur et ne pas être pris en compte par le récepteur.</p> |        |         |  |   |

### 7.1.2.3.2.3.1 Estimation de canal ACK/Taille de la fenêtre côté récepteur pour la connexion (ACK\_CE\_CTRL/RX\_CONN\_WIN\_SIZE)

Lorsqu'une trame ACK est envoyée en réponse à une trame MSG demandant l'établissement ou la réinitialisation d'une connexion de données ou de gestion avec accusés de réception (c'est-à-dire lorsque le champ CNN\_MNGMT de la trame MSG destinée à l'établissement de la connexion a pour valeur 0101<sub>2</sub>, 0001<sub>2</sub>, 0011<sub>2</sub> ou 0111<sub>2</sub> – voir le Tableau 7-17 de la Recommandation [UIT-T G.9960]), ce paramètre est appelé RX\_CONN\_WIN\_SIZE et sa valeur indique la taille maximale de la fenêtre d'accusé de réception (champ ACK\_RX\_CONF\_WINDOW\_SIZE décrit au paragraphe 8.9.4.3 de la Recommandation [UIT-T G.9961]) que le récepteur peut accepter pour la connexion mise en place. La taille maximale de fenêtre d'accusé de réception, exprimée en LPDU, est égale à huit fois la valeur de (RX\_CONN\_WIN\_SIZE + 1) et peut prendre les valeurs 8, 16, 24 ... 1024 LPDU. La valeur indiquée doit être inférieure ou égale à ACK\_MAX\_WINDOW\_SIZE (1024 pour les connexions de données, 32 pour les connexions de gestion – voir le paragraphe 8.9.4.1 dans la Recommandation [UIT-T G.9961]).

Dans toutes les autres trames ACK, ce champ est appelé ACK\_CE\_CTRL et il sert à contrôler l'estimation de canal. Il s'agit d'un champ de huit bits constitué des sous-champs ACK\_CE\_CTRL\_TYPE, RUNTIME\_BAT\_ID/RUNTIME\_BMAT\_ID et RUNTIME\_BMAT\_ID, comme indiqué au Tableau 7-5.

**Tableau 7-5 – Interprétation du champ ACK\_CE\_CTRL**

| Champ                          | Octet | Bits  |
|--------------------------------|-------|-------|
| ACK_CE_CTRL_TYPE               | 0     | [1:0] |
| RUNTIME_BAT_ID/RUNTIME_BMAT_ID |       | [6:2] |
| BMAT_ID_IND                    |       | [7]   |

#### 7.1.2.3.2.3.1.1 Type de contrôle d'estimation de canal ACK (ACK\_CE\_CTRL\_TYPE)

Lorsque BMAT\_ID\_IND est défini sur 0, ACK\_CE\_CTRL\_TYPE est codé comme indiqué au Tableau 7-25 de la Recommandation [UIT-T G.9960], ainsi que décrit au paragraphe 7.1.2.3.2.3.8.1 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

Lorsque BMAT\_ID\_IND est défini sur 1, ACK\_CE\_CTRL\_TYPE est codé comme indiqué au Tableau 7-6.

**Tableau 7-6 – Valeurs du champ ACK\_CE\_CTRL\_TYPE lorsque BMAT\_ID\_IND = 1**

| Valeur (b <sub>1</sub> b <sub>0</sub> ) de ACK_CE_CTRL_TYPE | Interprétation                                 |
|---|--|
| 00  | Aucune information ACK_CE_CTRL n'est transmise |
| 01  | Le RUNTIME_BMAT_ID n'est pas valable           |
| 10  | Demande d'émission de trame PROBE              |
| 11  | Réservé par l'UIT-T                            |

Si le champ BMAT\_ID\_IND a pour valeur 1 et que le champ ACK\_CE\_CTRL\_TYPE est défini sur 01<sub>2</sub>, la table BMAT d'exécution associée à l'identificateur RUNTIME\_BMAT\_ID ne doit pas être employée pour la transmission, comme l'indique le paragraphe 8.11.1.5.

Si le champ BMAT\_ID\_IND a pour valeur 1 et que le champ ACK\_CE\_CTRL\_TYPE est défini sur 10<sub>2</sub>, l'émission d'une trame PROBE d'estimation de canal à deux flux spatiaux est demandée.

Dans tous les autres cas, le champ ACK\_CE\_CTRL\_TYPE est défini sur 00<sub>2</sub>.

### 7.1.2.3.2.3.1.2 BAT\_ID d'exécution (RUNTIME\_BAT\_ID)/BMAT ID d'exécution (RUNTIME\_BMAT\_ID)

Lorsque ce champ est interprété en tant que RUNTIME\_BAT\_ID (c'est-à-dire lorsque BMAT\_ID\_IND = 0), on se reportera au paragraphe 7.1.2.3.2.2.8.2 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

S'il est interprété en tant que RUNTIME\_BMAT\_ID (c'est-à-dire lorsque BMAT\_ID\_IND = 1), les règles ci-après s'appliquent.

Si le champ ACK\_CE\_CTRL\_TYPE est défini sur 01<sub>2</sub>, il doit contenir un identificateur RUNTIME\_BMAT\_ID (voir le Tableau 7-3). Dans tous les autres cas, il est défini sur 00000<sub>2</sub>.

### 7.1.2.3.2.3.1.3 Indication d'identificateur BMAT\_ID (BMAT\_ID\_IND)

Si le champ BMAT\_ID\_IND est défini sur 0, les autres sous-champs de ACK\_CE\_CTRL sont interprétés comme décrit dans la Recommandation [UIT-T G.9960].

S'il est défini sur 1, les autres sous-champs de ACK\_CE\_CTRL sont interprétés comme décrit dans la présente Recommandation.

### 7.1.2.3.2.4 Champs spécifiques aux trames PHY de type RTS

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.4 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

### 7.1.2.3.2.5 Champs spécifiques aux trames PHY de type CTS

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.5 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

### 7.1.2.3.2.6 Champs spécifiques aux trames PHY de type CTMG

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.6 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

### 7.1.2.3.2.7 Champs spécifiques aux trames PHY de type PROBE

Les champs spécifiques aux trames PHY de type PROBE comportent une partie commune et une partie variable. La partie commune contient des champs communs à tous les types de trames PHY PROBE (PRBTYPE). La partie variable contient des champs spécifiques à chaque PRBTYPE.

Les champs de la partie commune des trames PHY de type PROBE sont définis dans le Tableau 7-7.

**Tableau 7-7 – Champs spécifiques aux trames PHY de type PROBE**

| Champ          | Octet  | Bits   | Description                             | Référence                  |
|----------------|--------|--------|---|----------------------------|
| Partie commune |        |        |   |                            |
| PRB_DUR        | 0 et 1 | [15:0] | Durée pour la trame PROBE               | § 7.1.2.3.2.7.1.1          |
| PRBTYPE        | 2      | [3:0]  | Type de trame PROBE                     | § 7.1.2.3.2.7.1.2          |
| PRBSYM         |        | [7:4]  | Symboles de sonde                       | § 7.1.2.3.2.7.1.3          |
| APSD_MAX-P     | 3      | [4:0]  | APSD_MAX-P d'une trame PROBE            | § 7.1.2.3.2.7.1.4          |
| PRBGI          |        | [7:5]  | Intervalle de garde de symbole de sonde | § 7.1.2.3.2.7.1.5          |
| CURRTS         | 4      | [6:0]  | Intervalle de temps actuel              | § 7.1.2.3.2.7.1.6          |
| MIMO_IND       |        | [7]    | Indication MIMO                         | § 7.1.2.3.2.7.1.7          |
| APSD_MAX-P_EXT | 5      | [0]    | Extension APSD_MAX-P                    | § 7.1.2.3.2.7.1.8          |
| Réservé        |        | [7:1]  | Réservé                                 | Réservé par l'UIT-T (Note) |

**Tableau 7-7 – Champs spécifiques aux trames PHY de type PROBE**

| Champ   | Octet  | Bits   | Description                             | Référence       |
|---|--------|--------|---|-----------------|
| Partie variable   |        |        |   |                 |
| PFTSF   | 6 à 14 | [71:0] | Champ spécifique au type de trame PROBE | § 7.1.2.3.2.7.2 |
| NOTE – Les bits réservés par l'UIT-T doivent être mis à zéro par l'émetteur et ne pas être pris en compte par le récepteur. |        |        |   |                 |

**7.1.2.3.2.7.1 Champs de la partie commune**

**7.1.2.3.2.7.1.1 Durée pour la trame PROBE (PRB\_DUR)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.7.1.1 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

**7.1.2.3.2.7.1.2 Type de trame PROBE (PRBTYPE)**

Le champ PRBTYPE contient le type de trame PROBE. Il s'agit d'un champ de 4 bits, codé comme indiqué au Tableau 7-8.

**Tableau 7-8 – Valeurs du champ PRBTYPE**

| Valeur de PRBTYPE (b <sub>3</sub> b <sub>2</sub> b <sub>1</sub> b <sub>0</sub> ) | Interprétation   | Référence         | MIMO_IND |
|--|--|-------------------|----------|
| 0000   | Trame PROBE muette – trame PHY dans laquelle les symboles de sonde qui composent la charge utile sont tous des symboles muets, comme décrit au paragraphe 7.1.3.7.   | § 7.1.2.3.2.7.2.1 | 0        |
| 0001   | Trame PROBE d'estimation de canal 1 SS – trame PHY dans laquelle les symboles de sonde qui composent la charge utile sont tous des symboles de sonde d'estimation de canal à un flux spatial, comme décrit au paragraphe 7.1.3.7.    | § 7.1.2.3.2.7.2.2 | 0        |
| 0010 à 0111  | Réservés par l'UIT-T.  |                   | Réservés |
| 1000   | Trame PROBE d'estimation de canal 2 SS – trame PHY dans laquelle les symboles de sonde qui composent la charge utile sont tous des symboles de sonde d'estimation de canal à deux flux spatiaux, comme décrit au paragraphe 7.1.3.7. | § 7.1.2.3.2.7.2.3 | 1        |
| 1001 à 1111  | Réservés par l'UIT-T.  |                   | Réservés |

**7.1.2.3.2.7.1.3 Symboles de sonde (PRBSYM)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.7.1.3 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

**7.1.2.3.2.7.1.4 PSD réelle maximale de trame PROBE (APSD\_MAX-P)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.7.1.4 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### 7.1.2.3.2.7.1.5 Intervalle de garde de symbole PROBE (PRBGI)

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.7.1.5 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### 7.1.2.3.2.7.1.6 Intervalle de temps actuel (CURRTS)

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.7.1.6 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### 7.1.2.3.2.7.1.7 Indication MIMO (MIMO\_IND)

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.24.

#### 7.1.2.3.2.7.1.8 Extension APSD\_MAX-P

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.7.1.7 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### 7.1.2.3.2.7.2 Champs spécifiques au type de trame PROBE

##### 7.1.2.3.2.7.2.1 Champs spécifiques aux trames PROBE muettes

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.7.2.1 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

##### 7.1.2.3.2.7.2.2 Champs spécifiques aux trames PROBE d'estimation de canal 1 SS

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.7.2.2 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

##### 7.1.2.3.2.7.2.3 Champs spécifiques aux trames PROBE d'estimation de canal 2 SS

Les champs de la partie spécifique des trames PROBE d'estimation de canal à deux flux spatiaux (2 SS) sont définis dans le Tableau 7-9.

**Table 7-9 – Valeurs des champs spécifiques aux trames PROBE d'estimation de canal 2 SS**

| Champ          | Octet | Bits   | Description                                 | Référence           |
|----------------|-------|--------|---|---------------------|
| PRB_BMAT_ID    | 0     | [4:0]  | BMAT_ID utilisé pour générer la trame PROBE | § 7.1.2.3.2.7.2.3.1 |
| ACE_SYM        | 0     | [7:5]  | Nombre de symboles ACE                      | § 7.1.2.3.2.7.2.3.2 |
| NUM_SILENT_SYM | 1     | [5:0]  | Nombre de symboles muets                    | § 7.1.2.3.2.7.2.3.3 |
| Réservé        | 1     | [7:6]  | Réservé par l'UIT-T (Note)                  |                     |
| Réservé        | 2 à 8 | [55:0] | Réservé par l'UIT-T (Note)                  |                     |

NOTE – Les bits qui sont réservés par l'UIT-T doivent être mis à zéro par l'émetteur et ne pas être pris en compte par le récepteur.

##### 7.1.2.3.2.7.2.3.1 BMAT\_ID de trame PROBE (PRB\_BMAT\_ID)

Ce champ indique l'identificateur BMAT\_ID (prédéfini ou d'exécution) correspondant à la table d'attribution de mappage (MAT) mise en œuvre dans le mappeur de ports Tx pour générer cette trame PROBE d'estimation de canal 2 SS. Les tables d'attribution de bits (BAT) associées au BMAT\_ID servent uniquement à établir le mappage des ports Tx (TPM) utilisé par chaque sous-porteuse (voir le Tableau 8-27) pour générer les symboles de sonde d'estimation de canal 2 SS (voir le paragraphe 7.1.4.2.4.3). Ainsi, si le champ PRB\_BMAT\_ID transmet un BMAT\_ID prédéfini, les valeurs valables pour l'estimation du canal sont 3, 7 et 11.

NOTE – Le champ PRB\_BMAT\_ID permet de transmettre des trames PROBE en utilisant les paramètres de précodage associés à un BMAT\_ID d'exécution donné.

##### 7.1.2.3.2.7.2.3.2 Symboles ACE (ACE\_SYM)

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.17 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

Si MIMO\_IND a pour valeur 1, ACE\_SYM ne doit pas être défini sur 000<sub>2</sub>.

### 7.1.2.3.2.7.2.3.3 Nombre de symboles muets (NUM\_SILENT\_SYM)

Ce champ indique le nombre de symboles muets qui doivent être transmis à la place des symboles de sonde à la fin de la trame PROBE d'estimation de canal 2 SS. La plage des valeurs admissibles va de 0 (aucun symbole muet) à 63 (63 symboles muets). La valeur de NUM\_SILENT\_SYM doit être inférieure ou égale à PRBSYM. Les premiers symboles (PRBSYM – NUM\_SILENT\_SYM) de la trame PROBE d'estimation de canal 2 SS sont normaux (non muets).

### 7.1.2.3.2.8 Champs spécifiques aux trames PHY de type ACKRQ

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.8 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

### 7.1.2.3.2.9 Champs spécifiques aux trames PHY de type BMSG

Le Tableau 7-10 détaille les champs spécifiques à la partie principale de l'en-tête des trames PHY de type BMSG.

**Tableau 7-10 – Champs spécifiques aux trames PHY de type BMSG – Partie principale**

| Champ              | Octet  | Bits   | Description  | Référence        |
|--------------------|--------|--------|--|------------------|
| BMSG_DUR           | 0 et 1 | [15:0] | Durée pour la trame BMSG   | § 7.1.2.3.2.9.1  |
| BLKSZ              | 2      | [1:0]  | Taille de bloc du mot de code de correction FEC pour la charge utile de la trame BMSG  | § 7.1.2.3.2.9.2  |
| FEC_RATE           |        | [4:2]  | Débit de codage FEC pour la charge utile de la trame BMSG  | § 7.1.2.3.2.9.3  |
| REP                |        | [7:5]  | Nombre de répétitions employées pour le codage de la charge utile de la trame BMSG   | § 7.1.2.3.2.9.4  |
| FCF                | 3      | [2:0]  | Facteur de concaténation de correction FEC   | § 7.1.2.3.2.9.5  |
| SI                 |        | [6:3]  | Initialisation de l'embrouilleur   | § 7.1.2.3.2.9.6  |
| MDET               |        | [7]    | Détection du maître  | § 7.1.2.3.2.9.7  |
| BAT_ID/<br>BMAT_ID | 4      | [4:0]  | Identificateur de table d'attribution des bits/Identificateur de table d'attribution des bits et de mappage des ports Tx pour MIMO | § 7.1.2.3.2.9.8  |
| OFB_ID/GRP_ID      |        | [7:5]  | Identificateur de bande de fréquences/identificateur de groupement de sous-porteuses   | § 7.1.2.3.2.9.9  |
| GI_ID              | 5      | [2:0]  | Identificateur de l'intervalle de garde  | § 7.1.2.3.2.9.10 |
| APSD_MAX-M         |        | [7:3]  | APSD_MAX-M d'une trame BMSG  | § 7.1.2.3.2.9.11 |

**Tableau 7-10 – Champs spécifiques aux trames PHY de type BMSG – Partie principale**

| Champ          | Octet    | Bits    | Description  | Référence                    |
|----------------|----------|---------|--|------------------------------|
| CONNECTION_ID  | 6        | [7:0]   | Identificateur de connexion                              | § 7.1.2.3.2.9.12             |
| RPRQ           | 7        | [1:0]   | Réponse requise  | § 7.1.2.3.2.9.13             |
| BRSTCnt        |          | [3:2]   | Numéro d'ordre de la trame dans la rafale                | § 7.1.2.3.2.9.14             |
| BEF            |          | [4]     | Fanion de fin de rafale                                  | § 7.1.2.3.2.9.15             |
| AIFG_IND       |          | [5]     | Indication AIFG  | § 7.1.2.3.2.9.16             |
| MIMO_IND       |          | [6]     | Indication MIMO  | § 7.1.2.3.2.9.25             |
| EXTACKGR       |          | [7]     | ACK étendu octroyé                                       | § 7.1.2.3.2.9.26             |
| ACE_SYM        |          | 8       | [2:0]  | Nombre de symboles ACE       |
| CNN_MNGMT      | [6:3]    |         | Gestion de la connexion                                  | § 7.1.2.3.2.9.18             |
| APSD_MAX-M_EXT | [7]      |         | Extension APSD_MAX-M                                     | § 7.1.2.3.2.9.28             |
| BRURQ          | 9 et 10  | [15:0]  | Demande d'actualisation de réservation de bande passante | § 7.1.2.3.2.9.19 (Note 2)    |
| START_SSN      | 9 et 10  | [15:0]  | Numéro de séquence du segment de départ                  | § 7.1.2.3.2.9.20 (Note 3)    |
| CURRTS         | 11       | [6:0]   | Intervalle de temps actuel                               | § 7.1.2.3.2.9.21             |
| Réservé        |          | [7]     | Réservé  | Réservé par l'UIT-T (Note 1) |
| Réservé        | 12 et 13 | [0]     | Réservé  | Réservé par l'UIT-T (Note 1) |
| BTXGL          |          | [8:1]   | Longueur octroyée pour la transmission bidirectionnelle  | § 7.1.2.3.2.9.22             |
| BTXEF          |          | [9]     | Fanion de fin de transmission bidirectionnelle           | § 7.1.2.3.2.9.23             |
| P-DACK         |          | [10]    | Accusé de réception retardé porté                        | § 7.1.2.3.2.9.27             |
| Réservé        |          | [15:11] | Réservé  | Réservé par l'UIT-T (Note 1) |
| ACK_CE_CTRL    | 14       | [7:0]   | Contrôle d'estimation de canal ACK                       | § 7.1.2.3.2.9.24             |

NOTE 1 – Les bits qui sont réservés par l'UIT-T doivent être mis à zéro par l'émetteur et ne pas être pris en compte par le récepteur.

NOTE 2 – Le champ BRURQ est défini lorsque le champ START\_SSN n'est pas défini.

NOTE 3 – Le champ START\_SSN est défini uniquement lorsque CNN\_MNGMT = 0001, CNN\_MNGMT = 0011, CNN\_MNGMT = 0101 ou CNN\_MNGMT = 0111. Dans tous les autres cas, la signification de ce champ est BRURQ.

Les champs d'en-tête des trames PHY spécifiques à la partie étendue de l'en-tête du type de trame BMSG sont présentés au Tableau 7-54 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### 7.1.2.3.2.9.1 Durée pour la trame BMSG (BMSG\_DUR)

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.9.1 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.9.2 Taille de bloc (BLKSZ)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.9.2 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.9.3 Débit de codage FEC (FEC\_RATE)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.9.3 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.9.4 Répétitions (REP)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.9.4 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.9.5 Facteur de concaténation de correction FEC (FCF)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.9.5 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.9.6 Initialisation de l'embrouilleur (SI)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.9.6 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.9.7 Indication de détection du maître (MDET)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.9.7 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.9.8 BAT\_ID/BMAT\_ID**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.8.

#### **7.1.2.3.2.9.9 Identificateur OFB/identificateur de groupement de sous-porteuses (OFB\_ID/GRP\_ID)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.9.

#### **7.1.2.3.2.9.10 Identificateur de l'intervalle de garde (GI\_ID)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.9.10 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.9.11 PSD réelle maximale de trame BMSG (APSD\_MAX-M)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.9.11 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.9.12 Identificateur de connexion (CONNECTION\_ID)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.9.11 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.9.13 Réponse requise (RPRQ)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.9.13 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.9.14 Numéro d'ordre de la trame dans la rafale (BRSTCnt)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.9.14 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.9.15 Fanion de fin de rafale (BEF)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.9.15 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.9.16 Indication AIFG (AIFG\_IND)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.9.16 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.9.17 Symboles ACE (ACE\_SYM)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.9.17 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.9.18 Gestion de la connexion (CNN\_MNGMT)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.9.18 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.9.19 Demande d'actualisation de réservation de bande passante(BRURQ)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.9.19 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.9.20 Numéro de séquence du segment de départ (START\_SSN)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.9.20 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.9.21 Intervalle de temps actuel (CURRTS)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.9.21 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.9.22 Longueur octroyée pour la transmission bidirectionnelle (BTXGL)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.9.22 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.9.23 Fanion de fin de transmission bidirectionnelle (BTXEF)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.9.23 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.9.24 Contrôle d'estimation de canal ACK(ACK\_CE\_CTRL)**

Ce champ est interprété de la façon décrite pour le champ ACK\_CE\_CTRL de la trame ACK au paragraphe 7.1.2.3.2.3.1.

#### **7.1.2.3.2.9.25 Indication MIMO (MIMO\_IND)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.24.

#### **7.1.2.3.2.9.26 ACK étendu octroyé (EXTACKGR)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.9.25 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.9.27 Accusé de réception retardé porté (P-DACK)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.9.26 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.2.28 Extension APSD\_MAX-M**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.9.27 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.10 Champs spécifiques aux trames PHY de type BACK**

Le Tableau 7-11 détaille les champs spécifiques à la partie principale de l'en-tête des trames PHY de type BACK.

**Tableau 7-11 – Champs spécifiques aux trames PHY de type BACK – Partie principale**

| <b>Champ</b> | <b>Octet</b> | <b>Bits</b> | <b>Description</b>  | <b>Référence</b> |
|--------------|--------------|-------------|---|------------------|
| BACK_DUR     | 0 et 1       | [15:0]      | Durée pour la trame BACK  | § 7.1.2.3.2.10.1 |
| BLKSZ        | 2            | [1:0]       | Taille de bloc du mot de code de correction FEC pour la charge utile de la trame BACK | § 7.1.2.3.2.10.2 |
| FEC_RATE     |              | [4:2]       | Débit de codage FEC pour la charge utile de la trame BACK                             | § 7.1.2.3.2.10.3 |
| REP          |              | [7:5]       | Nombre de répétitions employées pour le codage de la charge utile de la trame BACK    | § 7.1.2.3.2.10.4 |

**Tableau 7-11 – Champs spécifiques aux trames PHY de type BACK – Partie principale**

| Champ          | Octet   | Bits   | Description  | Référence                  |
|----------------|---------|--------|--|----------------------------|
| FCF            | 3       | [2:0]  | Facteur de concaténation de correction FEC   | § 7.1.2.3.2.10.5           |
| SI             |         | [6:3]  | Initialisation de l'embrouilleur   | § 7.1.2.3.2.10.6           |
| MDET           |         | [7]    | Détection du maître  | § 7.1.2.3.2.10.7           |
| BAT_ID/BMAT_ID | 4       | [4:0]  | Identificateur de table d'attribution des bits/Identificateur de table d'attribution des bits et de mappage des ports Tx pour MIMO | § 7.1.2.3.2.10.8           |
| OFB_ID/GRP_ID  |         | [7:5]  | Identificateur de bande de fréquences/identificateur de groupement de sous-porteuses   | § 7.1.2.3.2.10.9           |
| GI_ID          | 5       | [2:0]  | Identificateur de l'intervalle de garde  | § 7.1.2.3.2.10.10          |
| APSD_MAX-M     |         | [7:3]  | APSD_MAX-M d'une trame BACK  | § 7.1.2.3.2.10.11          |
| CONNECTION_ID  | 6       | [7:0]  | Identificateur de connexion  | § 7.1.2.3.2.10.12          |
| RPRQ           | 7       | [1:0]  | Réponse requise  | § 7.1.2.3.2.10.13          |
| BRSTCnt        |         | [3:2]  | Numéro d'ordre de la trame dans la rafale  | § 7.1.2.3.2.10.14          |
| BEF            |         | [4]    | Fanion de fin de rafale  | § 7.1.2.3.2.10.15          |
| AIFG_IND       |         | [5]    | Indication AIFG  | § 7.1.2.3.2.10.16          |
| MIMO_IND       |         | [6]    | Indication MIMO  | § 7.1.2.3.2.10.21          |
| APSD_MAX-M_EXT |         | [7]    | Extension APSD_MAX-M   | § 7.1.2.3.2.10.22          |
| ACE_SYM        |         | 8      | [2:0]  | Nombre de symboles ACE     |
| CNN_MNGMT      | [6:3]   |        | Gestion de la connexion  | § 7.1.2.3.2.10.18          |
| Réservé        | [7]     |        | Réservé  | Réservé par l'UIT-T (Note) |
| BTXRL          | 9       | [7:0]  | Longueur demandée pour la transmission bidirectionnelle  | § 7.1.2.3.2.10.19          |
| ACK_CE_CTRL    | 10      | [7:0]  | Contrôle d'estimation de canal ACK   | § 7.1.2.3.2.10.20          |
| Réservé        | 11 à 14 | [31:0] | Réservé  | Réservé par l'UIT-T (Note) |

NOTE – Les bits qui sont réservés par l'UIT-T doivent être mis à zéro par l'émetteur et ne pas être pris en compte par le récepteur.

Les champs d'en-tête des trames PHY spécifiques à la partie étendue de l'en-tête du type de trame BACK sont présentés au Tableau 7-54 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.10.1 Durée pour la trame BACK (BACK\_DUR)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.10.1 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.10.2 Taille de bloc (BLKSZ)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.10.2 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.10.3 Débit de codage FEC (FEC\_RATE)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.10.3 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.10.4 Répétitions (REP)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.10.4 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.10.5 Facteur de concaténation de correction FEC (FCF)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.10.5 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.10.6 Initialisation de l'embrouilleur (SI)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.10.6 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.10.7 Indication de détection du maître (MDET)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.10.7 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.10.8 BAT\_ID/BMAT\_ID**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.8.

#### **7.1.2.3.2.10.9 Identificateur OFB/identificateur de groupement de sous-porteuses (OFB\_ID/GRP\_ID)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.9.

#### **7.1.2.3.2.10.10 Identificateur de l'intervalle de garde (GI\_ID)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.10.10 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.10.11 PSD réelle maximale de trame BACK (APSD\_MAX-M)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.10.11 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.10.12 Identificateur de connexion (CONNECTION\_ID)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.10.12 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.10.13 Réponse requise (RPRQ)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.10.13 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.10.14 Numéro d'ordre de la trame dans la rafale (BRSTCnt)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.10.14 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.10.15 Fanion de fin de rafale (BEF)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.10.15 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.10.16 Indication AIFG (AIFG\_IND)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.10.16 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.10.17 Symboles ACE (ACE\_SYM)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.10.17 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.10.18 Gestion de la connexion (CNN\_MNGMT)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.10.18 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.10.19 Longueur demandée pour la transmission bidirectionnelle (BTXRL)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.10.19 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.10.20 Contrôle d'estimation de canal ACK(ACK\_CE\_CTRL)**

Ce champ est interprété de la façon décrite pour le champ ACK\_CE\_CTRL de la trame ACK au paragraphe 7.1.2.3.2.3.1.

#### **7.1.2.3.2.10.21 Indication MIMO (MIMO\_IND)**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.2.24.

#### **7.1.2.3.2.10.22 Extension APSD\_MAX-M**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.10.21 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.11 Champs spécifiques aux trames PHY de type ACTMG**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.11 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.2.3.2.12 Réserve**

Réserve par l'UIT-T.

#### **7.1.2.3.2.13 Réserve**

Réserve par l'UIT-T.

#### **7.1.2.3.2.14 Réserve**

Réserve par l'UIT-T.

#### **7.1.2.3.2.15 Réserve**

Réserve par l'UIT-T.

#### **7.1.2.3.2.16 Champs spécifiques aux trames PHY de type FTE**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.2.16 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

### **7.1.2.3.3 Champs d'en-tête étendu**

Voir le paragraphe 7.1.2.3.3 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

## **7.1.3 Sous-couche connexion au support physique (PMA)**

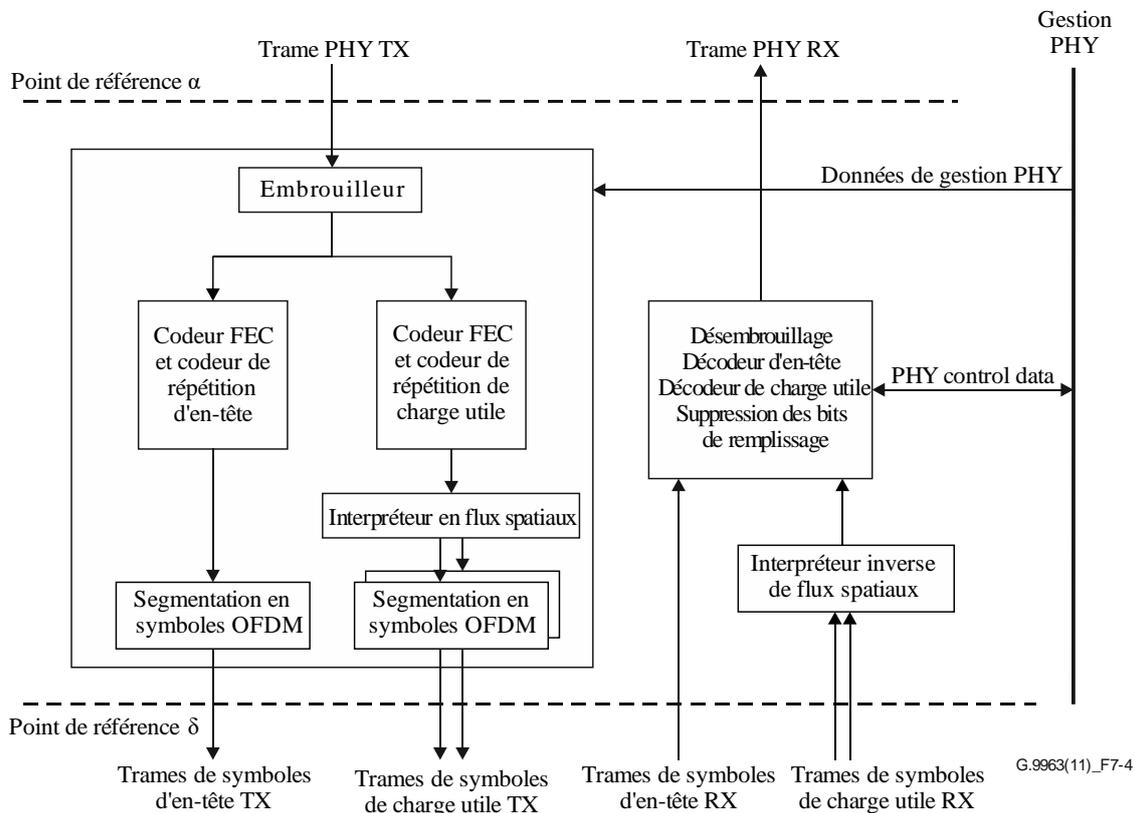
Le modèle fonctionnel de la sous-couche PMA est décrit à la Figure 7-4. Il vise à décrire plus en détail le bloc fonctionnel PMA représenté à la Figure 7-1.

Dans le sens de l'émission, la trame PHY entrante (à l'exception du préambule et des symboles d'estimation de canal) au point de référence  $\alpha$  présente un format tel que défini au paragraphe 7.1.2. Les bits d'en-tête et les bits de charge utile de la trame entrante sont embrouillés comme décrit au paragraphe 7.1.3.1. Les bits d'en-tête de la trame entrante sont codés conformément au paragraphe 7.1.3.4 et les bits de charge utile sont codés conformément au paragraphe 7.1.3.3. Les paramètres du codeur de la charge utile sont gérés par l'entité de gestion de la couche PHY.

À l'issue du codage, la charge utile est résolue en plusieurs flux spatiaux, comme décrit au paragraphe 7.1.3.5. L'en-tête PFH et la charge utile sont chacun mappés en un nombre entier de trames de symboles comme décrit au paragraphe 7.1.3.6.

Les trames de symboles d'en-tête et de charge utile ainsi obtenues sont soumises au PMD (au point de référence  $\delta$ ) en vue de la modulation et de la transmission sur le support.

Dans le sens de la réception, toutes les opérations inverses nécessaires de décodage et de désenrouillage sont réalisées sur les trames de symboles reçues. L'en-tête et la charge utile de trame PHY récupérés sont transmis au point de référence  $\alpha$ , en vue d'un traitement ultérieur dans la sous-couche PCS.



**Figure 7-4 – Modèle fonctionnel PMA**

### 7.1.3.1 Embrouillage

Voir le paragraphe 7.1.3.1 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

### 7.1.3.2 Codage FEC

Voir le paragraphe 7.1.3.2 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

### 7.1.3.3 Codage de la charge utile

Voir le paragraphe 7.1.3.3 de la Recommandation [UIT-T G.9960]. Lorsqu'un nœud [UIT-T G.9963] utilise le mode de communication robuste (RCM), la charge utile est créée sous la forme d'un flux spatial unique au moyen du mécanisme RCM décrit au paragraphe 7.1.3.3 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

### 7.1.3.4 Codage de l'en-tête

Voir le paragraphe 7.1.3.4 de la Recommandation [UIT-T G.9960]. L'en-tête de la trame PHY est obligatoirement créé comme un flux spatial unique.

### 7.1.3.5 Interpréteur de flux spatiaux

Le bloc de charge utile codé est transféré à l'interpréteur de flux spatiaux. Lorsque la charge utile doit être créée sous la forme de deux flux spatiaux, ce bloc génère en sortie les deux flux spatiaux qui seront ensuite segmentés en symboles OFDM. Lorsque la charge utile doit être créée sous la forme d'un seul flux spatial, le bloc de charge utile codé est délivré tel quel en sortie de l'interpréteur de flux spatiaux, qui n'effectue dans ce cas aucune action.

L'interpréteur attribue les bits de manière alternative à chaque flux au niveau sous-porteuse. Si  $b_j^{(i)}$  désigne le nombre de bits de données à charger dans la sous-porteuse  $j$  d'un flux spatial  $i$ , l'interpréteur de flux spatiaux:

- attribue les premiers bits  $b_0^{(1)}$  reçus en entrée au flux spatial 1,
- attribue les bits  $b_0^{(2)}$  suivants reçus en entrée au flux spatial 2,
- attribue les bits  $b_1^{(1)}$  suivants reçus en entrée au flux spatial 1,
- attribue les bits  $b_1^{(2)}$  suivants reçus en entrée au flux spatial 2,
- et ainsi de suite.

NOTE – Si  $b_j^{(i)}$  est nul, aucun bit de données n'est attribué à la sous-porteuse  $j$  du flux spatial  $i$ .

### 7.1.3.6 Segmentation en trames de symboles

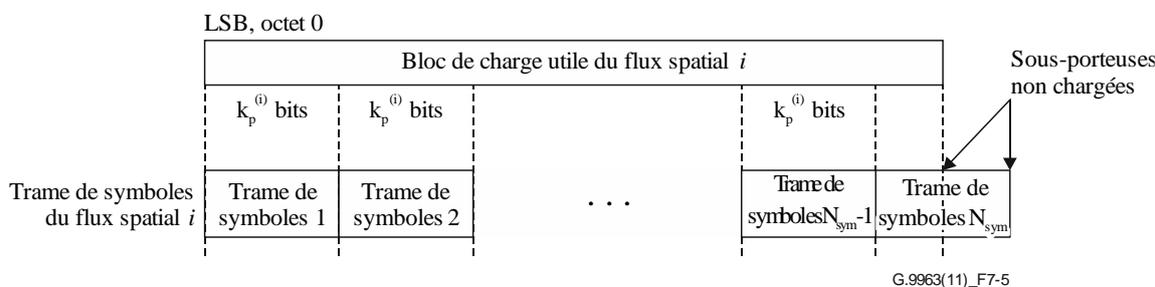
Les blocs de charge utile résolus en flux spatiaux 1 et 2 et le bloc d'en-tête codé généré par le codeur d'en-tête sont segmentés en trames de symboles. Le nombre maximal de bits dans la trame de symboles de la charge utile du flux spatial 1 ne doit pas dépasser la valeur de  $k_P^{(1)}$ . De la même manière, le nombre maximal de bits dans la trame de symboles de la charge utile du flux spatial 2 ne doit pas dépasser la valeur de  $k_P^{(2)}$ , où  $k_P^{(i)}$  représente le nombre total de bits qui peuvent être chargés sur le symbole OFDM de charge utile du flux spatial  $i$  en fonction de la table BAT active pour ce flux. Le nombre de bits dans la trame de symboles d'en-tête est égal à  $k_H$ . Les trames de symboles de la charge utile et de l'en-tête sont transférées à la sous-couche PMD, comme illustré à la Figure 7-4.

#### 7.1.3.6.1 Segmentation de la charge utile

Une fois le bloc de charge utile résolu en flux spatiaux, l'ensemble de bits attribué au flux spatial 1 et l'ensemble de bits attribué au flux spatial 2 sont segmentés en une ou plusieurs trames de symboles, ci-après appelées "trames de symboles du flux spatial 1" et "trames de symboles du flux spatial 2".

En mode normal (voir la Figure 7-8 de la Recommandation [UIT-T G.9960]) et pour chaque flux spatial, la première trame de symboles du flux spatial  $i$  ( $i$  étant le numéro du flux spatial, à savoir 1 ou 2) contient les premiers  $k_P^{(i)}$  bits du bloc de charge utile du flux spatial  $i$ . La deuxième trame de symboles du flux spatial  $i$  contient les deuxièmes  $k_P^{(i)}$  bits du bloc de charge utile du flux spatial  $i$ , et ainsi de suite, jusqu'à la dernière trame de symboles du flux spatial  $i$ . Si le nombre de bits contenu par la dernière trame de symboles est inférieur à  $k_P^{(i)}$ , les sous-porteuses gérées déchargées des symboles OFDM de la dernière trame de symboles sont modulées par une séquence de bits pseudo-aléatoire, comme décrit au paragraphe 7.1.4.2.5. La segmentation de la charge utile est illustrée à la Figure 7-5.

En mode RCM, la charge utile est créée sous la forme d'un seul flux spatial. Dans ce cas, la segmentation de la charge utile suit les prescriptions données au paragraphe 7.1.3.5.1 de la Recommandation [UIT-T G.9960] pour le mode RCM.



**Figure 7-5 – Segmentation de la charge utile du bloc de charge utile du flux spatial  $i$  ( $i=1,2$ )**

### 7.1.3.6.2 Segmentation de l'en-tête

Voir le paragraphe 7.1.3.5.2 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

### 7.1.3.7 Trame PROBE

La trame PROBE sert à la procédure d'estimation de canal. L'en-tête de la trame PROBE est conforme à la définition donnée au paragraphe 7.1.2.3. À la suite de l'en-tête PFH, la trame PROBE peut comporter des symboles ACE, comme défini au paragraphe 7.1.4.2.4.4 (mappage des tonalités) et au paragraphe 7.1.4.4.4.2 (mappage des ports Tx). La charge utile de la trame PROBE contient un certain nombre de symboles de sonde, c'est-à-dire des trames de symboles qui ne contiennent aucune donnée et répondent à l'un des trois types suivants:

- symboles muets, c'est-à-dire des symboles dont toutes les sous-porteuses sont considérées comme masquées (MSC);
- symboles de sonde d'estimation de canal 1 SS, qui sont créés sous forme d'un flux spatial unique et dont toutes les sous-porteuses gérées (SSC) sont considérées comme inactives (ISC) et modulées par une séquence pseudo-aléatoire;
- symboles de sonde d'estimation de canal 2 SS, qui sont créés sous forme de deux flux spatiaux, les sous-porteuses gérées (SSC) de chacun des deux flux étant considérées comme inactives (ISC) et modulées par une séquence pseudo-aléatoire.

Le nombre total de symboles de sonde dans chaque trame est indiqué par le champ PRBSYM, décrit au paragraphe 7.1.2.3.2.7.1.3.

Le champ PRBTYPE identifie trois types de trames PROBE, comme décrit au paragraphe 7.1.2.3.2.7.1.2 (Tableau 7-8):

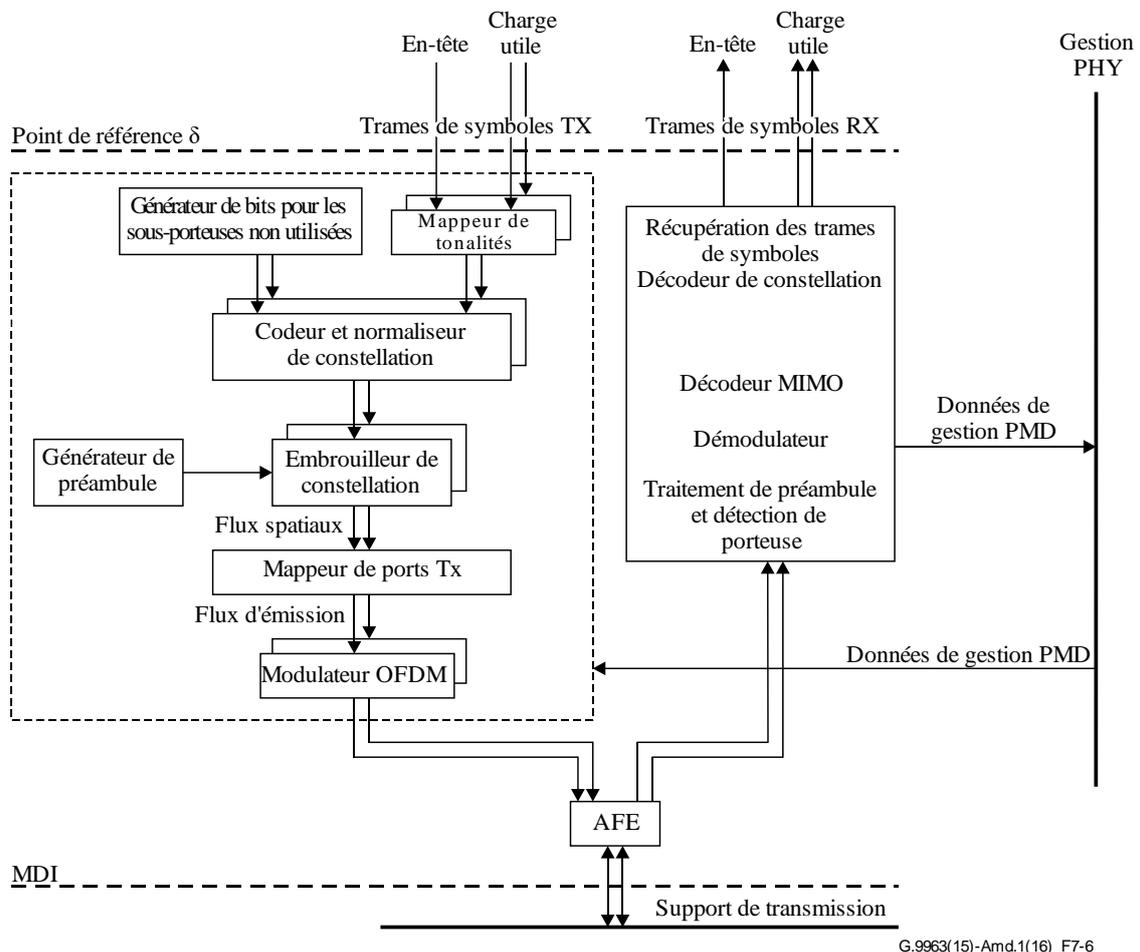
- la "trame PROBE muette" (PRBTYPE 0000<sub>2</sub>). La charge utile de ce type de trame se compose de symboles muets;
- la "trame PROBE d'estimation de canal 1 SS" (PRBTYPE 0001<sub>2</sub>). La charge utile de ce type de trame se compose de symboles de sonde d'estimation de canal;
- la "trame PROBE d'estimation de canal 2 SS" (PRBTYPE 1000<sub>2</sub>). La charge utile de ce type de trame se compose de symboles de sonde d'estimation de canal 2 SS suivis de symboles muets (le nombre de symboles muets dans la trame varie entre 0 et PRBSYM, comme indiqué dans le champ NUM\_SILENT\_SYM décrit au paragraphe 7.1.2.3.2.7.2.3.3).

Ces types de trame PROBE peuvent être classés suivant deux catégories:

- Les types de trame PROBE qui contiennent des symboles de sonde créés sous la forme d'un flux spatial unique (champ MIMO\_IND défini sur 0). Ces types de trames interviennent dans la procédure d'estimation de canal pour les liaisons avec les nœuds [UIT-T G.9960/G.9961] et les liaisons avec les nœuds [UIT-T G.9963] qui s'appuient sur un seul flux spatial (voir le paragraphe 8.11). Les types "trame PROBE muette" (PRBTYPE 0000<sub>2</sub>) et "trame PROBE d'estimation de canal 1 SS" (PRBTYPE 0001<sub>2</sub>) relèvent de cette catégorie. La charge utile de ces types de trames PROBE comporte des symboles de sonde qui peuvent être générés de deux manières:
  - Lorsque la trame PROBE est émise suivant un mode de transmission [UIT-T G.9960], les symboles de sonde sont générés comme défini au paragraphe 7.1.4.2.5.3 de la Recommandation [UIT-T G.9960].
  - Lorsque la trame PROBE est émise suivant le système de transmission MIMO (la charge utile étant créée sous la forme d'un flux spatial unique), les symboles de sonde sont générés comme défini aux paragraphes 7.1.4.2.4.3 et 7.1.4.2.5 (mappage des tonalités) et 7.1.4.4.3 (mappage de ports Tx).
- Les types de trame PROBE qui contiennent des symboles de sonde créés sous la forme de deux flux spatiaux (champ MIMO\_IND défini sur 1). Ces types de trames interviennent dans la procédure d'estimation de canal pour les liaisons avec les nœuds [UIT-T G.9963] qui s'appuient sur deux flux spatiaux, comme décrit au paragraphe 8.11.1. Le type "trame PROBE d'estimation de canal 2 SS" (PRBTYPE 1000<sub>2</sub>) relève de cette catégorie. La charge utile de ce type de trame PROBE peut comporter des symboles d'estimation de canal 2 SS et des symboles muets, lesquels sont générés comme défini aux paragraphes 7.1.4.2.4.3 et 7.1.4.2.5 (mappage des tonalités) et 7.1.4.4.3 (mappage de ports Tx).

#### **7.1.4 Sous-couche dépendant du support physique (PMD)**

Le modèle fonctionnel de la sous-couche PMD est présenté à la Figure 7-6. Dans le sens de l'émission, le mappeur de tonalités divise les trames de symboles entrantes d'en-tête PFH et de charge utile (pour chaque flux spatial) en groupes de bits et associe chaque groupe de bits à une sous-porteuse spécifique sur laquelle le groupe sera chargé, comme indiqué au paragraphe 7.1.4.2. Le codeur de constellation convertit chaque groupe de bits entrants en un nombre complexe qui représente le point de constellation de la sous-porteuse. La procédure de mappage de constellation est décrite au paragraphe 7.1.4.3.1. Les sous-porteuses gérées sans chargement sont modulées par une séquence de bits pseudo-aléatoires comme décrit au paragraphe 7.1.4.2.5.



**Figure 7-6 – Modèle fonctionnel PMD**

Le mappeur de ports Tx, décrit au paragraphe 7.1.4.4, associe les flux spatiaux aux flux d'émission attribués à chacun des ports Tx en vue de la transmission. Chaque modulateur OFDM (voir le paragraphe 7.1.4.5) attribué à chaque port Tx convertit le flux entrant de  $N$  nombres complexes en un flux de  $N$  échantillons complexes dans le domaine temporel. Après ajout du préambule, le signal émis de chaque port Tx est augmenté en fréquence de  $F_{US}$ . La partie réelle du signal résultant attribué à chaque port Tx est envoyée sur le support via un port Tx spécifique. Les paramètres du préambule défini au paragraphe 7.1.4.5 sont déterminés par la gestion de la couche PHY et dépendent du type de trame PHY émise.

Les trames sont envoyées sur le support séparées par des intervalles décrits dans la Recommandation [UIT-T G.9961].

Dans le sens de la réception, les trames en provenance du support sont démodulées et décodées. Les trames de symboles, une fois récupérées, sont transférées vers la sous-couche PMA via le point de référence  $\delta$ . Le préambule est ensuite traité et le résultat de ce traitement est envoyé à l'entité de gestion PHY.

#### 7.1.4.1 Espacement des sous-porteuses et indexation logique

Voir le paragraphe 7.1.4.1 de la Recommandation [UIT-T G.9960]. La règle d'indexation n° 1 est utilisée pour associer indice physique et indice logique. La règle d'indexation n° 2 n'est pas utilisée.

#### 7.1.4.2 Mappeur de tonalités

Le mappeur de tonalités traite chaque flux spatial de manière indépendante. Il divise les trames de symboles entrantes de l'en-tête et de la charge utile (de chaque flux spatial) en groupes de bits, selon

la table BAT en vigueur et le groupement de sous-porteuses utilisés pour ce flux spatial, et associe chaque groupe de bits à des sous-porteuses spécifiques sur lesquelles ils seront chargés. L'information, accompagnée des valeurs de gain spécifiques des sous-porteuses comme décrit au paragraphe 7.1.4.3.2.3 de la Recommandation [UIT-T G.9960], est transmise au codeur de constellation.

#### 7.1.4.2.1 Présentation des types de sous-porteuses

Aux fins du mappage des tonalités, on définit les types de sous-porteuses suivants.

- 1) Les sous-porteuses masquées (MSC), qui n'autorisent pas les transmissions, autrement dit le gain sur ces sous-porteuses est de zéro. On distingue deux types de MSC:
  - les sous-porteuses masquées à titre permanent (PMSC), qui n'acceptent aucune transmission. La liste des PMSC forme un masque de PMSC, défini au paragraphe 7.2, et qui dépend du type de support. Les bits de données ne sont jamais mappés sur les PMSC;
  - les sous-porteuses masquées au niveau régional (RMSC), qui n'acceptent pas les transmissions dans certaines régions, mais les autorisent dans d'autres. La liste des RMSC forme un masque de RMSC, qui dépend du type de support et de la région ou de l'application. L'ensemble des RMSC se compose des sous-porteuses correspondant aux masques de sous-porteuses définis dans le descripteur SM et aux bandes radioamateur masquées définies dans le descripteur des bandes radioamateur (voir le paragraphe 8.8.5.5). Le nombre de RMSC est égal au nombre de MSC moins le nombre de PMSC.
- 2) Les sous-porteuses gérées (SSC), qui autorisent les transmissions, moyennant certaines restrictions imposées par le gabarit PSD pertinent. Le nombre de SSC est égal à N moins le nombre de MSC. On distingue les types suivants de SSC, par flux spatial:
  - les sous-porteuses actives (ASC) du flux spatial  $i$  (notées  $ASC^{(i)}$ , où  $i = 1,2$ ), sur lesquelles sont chargés les bits ( $b \geq 1$ ) pour la transmission des données. Les ASC interviennent dans le mappage, la normalisation et l'embrouillage de constellation, comme décrit au paragraphe 7.1.4.3 Les bits de données sont mappés sur les ASC comme décrit au paragraphe 7.1.4.2.2;
  - les sous-porteuses inactives (ISC) du flux spatial  $i$  (notées  $ISC^{(i)}$ , où  $i = 1,2$ ), sur lesquelles aucun bit n'est chargé, par exemple en raison d'un faible rapport signal/bruit. Le nombre d'ISC du flux spatial  $i$  ( $i = 1,2$ ), ou nombre d' $ISC^{(i)}$ , est égal au nombre de SSC moins le nombre d' $ASC^{(i)}$ . Les ISC peuvent être utilisées à des fins de mesure ou à d'autres fins annexes. Les signaux transmis sur les ISC sont définis au paragraphe 7.1.4.2.5.

NOTE – Bien que les sous-porteuses masquées et les sous-porteuses gérées soient les mêmes pour les deux flux spatiaux, les sous-porteuses actives et inactives peuvent être différentes sur chaque flux.

#### 7.1.4.2.2 Tables d'attribution des bits (BAT)

Le mappage de tonalités est défini par une table d'attribution des bits (BAT) qui associe les indices de sous-porteuses au nombre de bits devant être chargés sur les sous-porteuses. Ce mappage est défini de manière indépendante pour chaque flux spatial. Les indices de sous-porteuses dans la table BAT de chaque flux spatial sont classés par ordre croissant, du plus petit au plus grand. Les bits de la trame de symboles TX sont chargés sur les sous-porteuses en respectant l'ordre des indices de sous-porteuses dans la table BAT, conformément au paragraphe 7.1.4.1 relatif à l'indexation des sous-porteuses.

Les tables BAT utilisées par le nœud dans une trame PHY donnée, pour chaque flux spatial, font partie de la table BMAT décrite au paragraphe 7.1.4.4.3. Elles sont communiquées au(x) nœud(s) de

réception par le biais du champ `BMAT_ID`, qui fait partie des champs d'en-tête spécifiques aux trames PHY de type MSG/BMSG/BACK/PROBE, comme indiqué au paragraphe 7.1.2.3.2.2.8.

#### **7.1.4.2.2.1 Tables BAT prédéfinies**

Voir le paragraphe 7.1.4.2.2.1 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

#### **7.1.4.2.2.2 Tables BAT d'exécution**

Une BAT d'exécution associe, aux indices des SSC, le nombre de bits à charger sur chaque sous-porteuse. Lorsque la charge utile est composée de deux flux spatiaux et qu'il est fait usage d'une table BAT d'exécution, chaque flux spatial se voit attribuer sa propre BAT d'exécution. Le sous-ensemble constitué par les indices dans la table BAT associée au flux spatial  $i$  et les nombres de bits chargés  $b > 0$  identifie l'ensemble  $ASC^{(i)}$  (c'est-à-dire les sous-porteuses actives du flux spatial  $i$ ). Lors d'une transmission MIMO, les deux tables BAT sont choisies en même temps que la table d'attribution de mappage des ports Tx décrite au paragraphe 7.1.4.4.2. Le résultat de cette combinaison est nommé BMAT (table d'attribution des bits et de mappage des ports Tx) et décrit au paragraphe 7.1.4.4.3.

Le nombre de bits chargés sur une sous-porteuse ne peut dépasser le nombre maximal de bits autorisé (voir le paragraphe 7.1.4.3). Il doit également respecter les capacités, en termes de chargement de bits, des nœuds concernés, telles qu'elles sont annoncées par ces derniers avant la communication.

#### **7.1.4.2.3 Tables BAT avec groupement de sous-porteuses**

Un nœud est capable de définir des tables BAT d'exécution utilisant des groupements  $G$  regroupant 1, 2, 4, 8 et 16 sous-porteuses avec les fréquences consécutives. Le groupement  $G$  s'applique aux deux flux spatiaux, qui utilisent de fait le même groupement. Par défaut,  $G = 1$  (absence de groupement). Quand un groupement est employé ( $G > 1$ ), toutes les sous-porteuses d'un même groupe reçoivent le même chargement de bits. Toutefois, le chargement de bits de ce groupe peut être différent pour chaque flux spatial. Le premier groupe inclut les  $G$  sous-porteuses dans l'ordre croissant des indices des sous-porteuses défini au paragraphe 7.1.4.1. Si un groupe contient des sous-porteuses masquées (MSC) ou qui s'étendent au-delà de l'ensemble de sous-porteuses applicable, le nœud applique le chargement de bits du groupe uniquement à l'ensemble de sous-porteuses applicable.

L'indice de groupe  $G$  est indiqué au moment de la communication des tables BAT (voir le paragraphe 8.11).

#### **7.1.4.2.4 Mappages spéciaux**

##### **7.1.4.2.4.1 Mappage des tonalités pour l'en-tête des trames PHY**

Voir le paragraphe 7.1.4.2.5.1 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

##### **7.1.4.2.4.2 Mappage des tonalités pour le mode RCM**

Voir le paragraphe 7.1.4.2.5.2 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

##### **7.1.4.2.4.3 Mappage des tonalités pour les symboles de sonde**

Les symboles de sonde d'estimation de canal 1 SS sont créés sous la forme d'un flux spatial unique et modulés en appliquant un chargement uniforme de deux bits par sous-porteuse sur la série entière de sous-porteuses gérées. Pour ces symboles, l'ensemble de sous-porteuses inactives (ISC) doit être égal à l'ensemble de sous-porteuses gérées (SSC). Toutes les ISC sont modulées par une séquence pseudo-aléatoire de bits, comme décrit au paragraphe 7.1.4.2.5.

Les symboles de sonde d'estimation de canal 2 SS sont créés sous la forme de deux flux spatiaux, et modulés en appliquant un chargement uniforme de deux bits par sous-porteuse sur la série entière de sous-porteuses gérées de chaque flux spatial. Pour ces symboles, l'ensemble de sous-porteuses inactives (ISC) doit être égal à l'ensemble de sous-porteuses gérées (SSC). Toutes les ISC sont modulées par une séquence pseudo-aléatoire de bits, comme décrit au paragraphe 7.1.4.2.5.

En ce qui concerne les symboles muets, toutes les sous-porteuses sont considérées comme des sous-porteuses masquées (MSC).

#### 7.1.4.2.4.4 Mappage des tonalités pour les symboles ACE

Les symboles ACE sont modulés en appliquant un chargement uniforme de deux bits par sous-porteuse sur la série entière de sous-porteuses gérées. Les symboles ACE sont créés sous la forme d'un flux spatial unique. Pour ces symboles, l'ensemble de sous-porteuses inactives (ISC) doit être égal à l'ensemble de sous-porteuses gérées (SSC). Toutes les ISC sont modulées par une séquence pseudo-aléatoire de bits, comme décrit au paragraphe 7.1.4.2.5.

#### 7.1.4.2.5 Modulation de sous-porteuses gérées non chargées

Les sous-porteuses gérées (SSC) sur lesquelles aucun bit de charge utile codé n'est chargé, ou qui sont chargées partiellement de bits de charge utile codés pour le flux spatial  $i$  ( $i = 1, 2$ ) – à savoir les  $ISC^{(i)}$  et les  $ASC^{(i)}$  non chargées ou partiellement chargées (ci-après désignées SSC non chargées du flux spatial  $i$ ,  $USSC^{(i)}$ ) – sont chargées au moyen d'une séquence pseudo-aléatoire générée par un registre à décalage avec réinjection linéaire (LFSR) utilisant le polynôme  $p(x) = x^{23} + x^{18} + 1$  illustré à la Figure 7-7. Le registre LFSR traite séparément les sous-porteuses de chaque flux spatial. En d'autres termes, le registre LFSR est initialisé de façon différente pour chaque flux spatial (voir ci-après) et il génère des bits afin de charger séparément les sous-porteuses de chaque flux spatial. Le générateur LFSR est initialisé au début de chaque symbole OFDM à partir d'une valeur de départ fournie par le maître de domaine. Cette valeur de départ est communiquée lors de l'enregistrement du nœud sur le domaine, par le biais des champs `UnloadedSubcarrierInitialSeedStream1` et `UnloadedSubcarrierInitialSeedStream2` du sous-champ d'information auxiliaire des informations de domaine MIMO supplémentaires (voir le paragraphe 8.8.7), respectivement pour chaque flux spatial 1 et 2. Le  $i$ ème symbole de charge utile utilise la valeur de départ  $S_k$ , où  $k$  est égal à  $(i-1, \text{modulo } 64) + 1$ , et  $i = 1, 2, 3, 4, \dots$ .  $S_k$  est générée en avançant le registre LFSR de  $8192 \cdot (k-1)$  à partir de la valeur de départ communiquée initialement par le maître de domaine. Des exemples de valeurs de départ calculées pour le registre LFSR à partir d'une valeur de départ initiale de  $7FFFFFF_{16}$  pour le flux spatial 1 et  $7FFFFFFC_{16}$  pour le flux spatial 2 sont présentés dans les Tableaux 7-14 et 7-15.

NOTE – Les valeurs de départ  $S_1$  à  $S_{64}$  servent à initialiser le registre LFSR pour les symboles de charge utile 1 à 64, 65 à 128, et ainsi de suite. Le bit de plus faible poids de la valeur de départ  $S_k$  correspond à  $c_1$ .

Les valeurs de départ communiquées par le maître de domaine doivent être choisies parmi les valeurs de départ admissibles décrites aux Tableaux 7-12 et 7-13, en fonction de l'identificateur de domaine (DOD) et du flux spatial.

**Table 7-12 – Groupe de valeurs de départ admissibles générées par le DM pour le registre LFSR de sous-porteuses gérées et le flux spatial 1**

| DOD | Valeurs de départ admissibles   |
|-----|---|
| 0   | 7FFFFFF <sub>16</sub> ; 003FE0 <sub>16</sub> ; 7FC060 <sub>16</sub> ; 7803F9 <sub>16</sub> ; 0FF813 <sub>16</sub> ; 7EFE80 <sub>16</sub> ; 01FCFC <sub>16</sub> ; 40202F <sub>16</sub> ; 038638 <sub>16</sub> |
| 1   | 7FFFFFF <sub>16</sub> ; 7DC2E0 <sub>16</sub> ; 70874D <sub>16</sub> ; 401FB7 <sub>16</sub> ; 61F327 <sub>16</sub> ; 0F78B3 <sub>16</sub> ; 3FDFD7 <sub>16</sub> ; 0DC513 <sub>16</sub> ; 1E73E7 <sub>16</sub> |
| 2   | 7FFFFFF <sub>16</sub> ; 1EB138 <sub>16</sub> ; 731F9B <sub>16</sub> ; 057B41 <sub>16</sub> ; 4DE53C <sub>16</sub> ; 7099A3 <sub>16</sub> ; 0080A6 <sub>16</sub> ; 07BC5A <sub>16</sub> ; 0399C8 <sub>16</sub> |
| 3   | 7FFFFFF <sub>16</sub> ; 3027C4 <sub>16</sub> ; 1F8F1B <sub>16</sub> ; 30A762 <sub>16</sub> ; 1D8A1F <sub>16</sub> ; 6FB79B <sub>16</sub> ; 6E3675 <sub>16</sub> ; 78B9A1 <sub>16</sub> ; 65F92E <sub>16</sub> |
| 4   | 7FFFFFF <sub>16</sub> ; 5EED10 <sub>16</sub> ; 7F3F09 <sub>16</sub> ; 16E6B5 <sub>16</sub> ; 5FD0FF <sub>16</sub> ; 1EB13C <sub>16</sub> ; 6B8DD5 <sub>16</sub> ; 7795D2 <sub>16</sub> ; 3D222E <sub>16</sub> |
| 5   | 7FFFFFF <sub>16</sub> ; 0174B0 <sub>16</sub> ; 79903D <sub>16</sub> ; 604F7B <sub>16</sub> ; 38638D <sub>16</sub> ; 698A2D <sub>16</sub> ; 7CE688 <sub>16</sub> ; 50281F <sub>16</sub> ; 48E4C4 <sub>16</sub> |
| 6   | 7FFFFFF <sub>16</sub> ; 7ABE59 <sub>16</sub> ; 785321 <sub>16</sub> ; 26D2B1 <sub>16</sub> ; 0207F8 <sub>16</sub> ; 0B6CAA <sub>16</sub> ; 306764 <sub>16</sub> ; 096B52 <sub>16</sub> ; 12757B <sub>16</sub> |
| 7   | 7FFFFFF <sub>16</sub> ; 734122 <sub>16</sub> ; 1D29EE <sub>16</sub> ; 4D67BC <sub>16</sub> ; 073961 <sub>16</sub> ; 763502 <sub>16</sub> ; 7C58CE <sub>16</sub> ; 7B4816 <sub>16</sub> ; 5E6F90 <sub>16</sub> |
| 8   | 7FFFFFF <sub>16</sub> ; 0AFC72 <sub>16</sub> ; 198299 <sub>16</sub> ; 5AABBE <sub>16</sub> ; 1E8EDC <sub>16</sub> ; 618E01 <sub>16</sub> ; 6E289F <sub>16</sub> ; 5B22F8 <sub>16</sub> ; 416B07 <sub>16</sub> |
| 9   | 7FFFFFF <sub>16</sub> ; 771574 <sub>16</sub> ; 779791 <sub>16</sub> ; 5D54B7 <sub>16</sub> ; 479BCE <sub>16</sub> ; 1EBBF8 <sub>16</sub> ; 09EBF4 <sub>16</sub> ; 6926AD <sub>16</sub> ; 3B5461 <sub>16</sub> |
| 10  | 7FFFFFF <sub>16</sub> ; 06764F <sub>16</sub> ; 2EC96F <sub>16</sub> ; 3BFA45 <sub>16</sub> ; 316B09 <sub>16</sub> ; 6876D1 <sub>16</sub> ; 7FEF7B <sub>16</sub> ; 0ABF31 <sub>16</sub> ; 600E3B <sub>16</sub> |

**Table 7-12 – Groupe de valeurs de départ admissibles générées par le DM pour le registre LFSR de sous-porteuses gérées et le flux spatial 1**

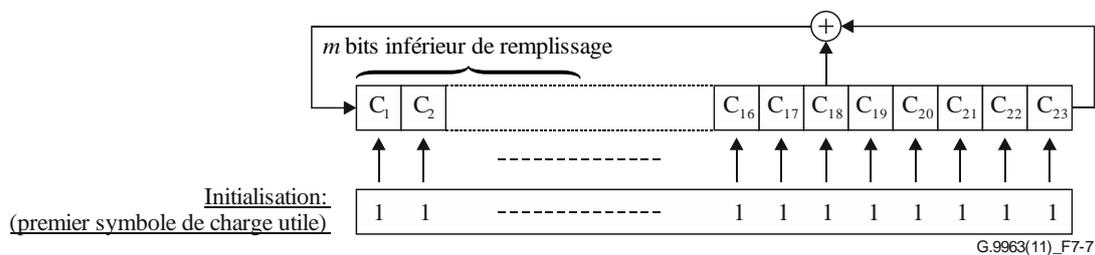
| DOD | Valeurs de départ admissibles   |
|-----|---|
| 11  | 7FFFFFF <sub>16</sub> ; 5295BF <sub>16</sub> ; 3C064C <sub>16</sub> ; 48FB34 <sub>16</sub> ; 272E4D <sub>16</sub> ; 32203C <sub>16</sub> ; 478CF6 <sub>16</sub> ; 7330FC <sub>16</sub> ; 098416 <sub>16</sub> |
| 12  | 7FFFFFF <sub>16</sub> ; 40E0C4 <sub>16</sub> ; 6A49F1 <sub>16</sub> ; 620823 <sub>16</sub> ; 44153E <sub>16</sub> ; 3BD438 <sub>16</sub> ; 0878EA <sub>16</sub> ; 57EB86 <sub>16</sub> ; 3DA277 <sub>16</sub> |
| 13  | 7FFFFFF <sub>16</sub> ; 12CF23 <sub>16</sub> ; 730171 <sub>16</sub> ; 164544 <sub>16</sub> ; 1AB7C9 <sub>16</sub> ; 74191A <sub>16</sub> ; 33A4AA <sub>16</sub> ; 68843A <sub>16</sub> ; 3CC639 <sub>16</sub> |
| 14  | 7FFFFFF <sub>16</sub> ; 1A6FB3 <sub>16</sub> ; 068AF6 <sub>16</sub> ; 79DC09 <sub>16</sub> ; 2E8D44 <sub>16</sub> ; 0733A1 <sub>16</sub> ; 24E0D0 <sub>16</sub> ; 3F4001 <sub>16</sub> ; 1D56D2 <sub>16</sub> |
| 15  | 7FFFFFF <sub>16</sub> ; 68BC83 <sub>16</sub> ; 612F91 <sub>16</sub> ; 6E76A9 <sub>16</sub> ; 51F4FC <sub>16</sub> ; 2B2C4D <sub>16</sub> ; 2C2B62 <sub>16</sub> ; 05A54A <sub>16</sub> ; 28476E <sub>16</sub> |

**Tableau 7-13 – Groupe de valeurs de départ admissibles générées par le DM pour le registre LFSR de sous-porteuses gérées et le flux spatial 2**

| DOD | Valeurs de départ admissibles  |
|-----|--|
| 0   | 7FFFFC <sub>16</sub> ; 23AA37 <sub>16</sub> ; 7DEB20 <sub>16</sub> ; 0E7807 <sub>16</sub> ; 422436 <sub>16</sub> ; 300E1C <sub>16</sub> ; 605098 <sub>16</sub> ; 7FF53C <sub>16</sub> ; 0862AD <sub>16</sub> ; |
| 1   | 7FFFFC <sub>16</sub> ; 18BC69 <sub>16</sub> ; 09ABAB <sub>16</sub> ; 07F1C5 <sub>16</sub> ; 09E865 <sub>16</sub> ; 2DFE39 <sub>16</sub> ; 718D3B <sub>16</sub> ; 78861D <sub>16</sub> ; 6F8AD8 <sub>16</sub> ; |
| 2   | 7FFFFC <sub>16</sub> ; 575445 <sub>16</sub> ; 02C263 <sub>16</sub> ; 1A717B <sub>16</sub> ; 40DCAB <sub>16</sub> ; 48F445 <sub>16</sub> ; 65B11B <sub>16</sub> ; 4A639A <sub>16</sub> ; 411C38 <sub>16</sub> ; |
| 3   | 7FFFFC <sub>16</sub> ; 35F937 <sub>16</sub> ; 718D5C <sub>16</sub> ; 65F51E <sub>16</sub> ; 361B92 <sub>16</sub> ; 121AD0 <sub>16</sub> ; 2D4A2F <sub>16</sub> ; 1A4B85 <sub>16</sub> ; 663275 <sub>16</sub> ; |
| 4   | 7FFFFC <sub>16</sub> ; 2B63B6 <sub>16</sub> ; 50C875 <sub>16</sub> ; 57D522 <sub>16</sub> ; 37E76E <sub>16</sub> ; 22E7A0 <sub>16</sub> ; 6BC6D9 <sub>16</sub> ; 638DB4 <sub>16</sub> ; 577E3A <sub>16</sub> ; |
| 5   | 7FFFFC <sub>16</sub> ; 1E2A46 <sub>16</sub> ; 28F7F3 <sub>16</sub> ; 1597A0 <sub>16</sub> ; 30FEA3 <sub>16</sub> ; 7B6B6F <sub>16</sub> ; 5C5971 <sub>16</sub> ; 733A55 <sub>16</sub> ; 676D31 <sub>16</sub> ; |
| 6   | 7FFFFC <sub>16</sub> ; 5979CF <sub>16</sub> ; 36D313 <sub>16</sub> ; 47AD56 <sub>16</sub> ; 5A00C9 <sub>16</sub> ; 4636C2 <sub>16</sub> ; 6D49B2 <sub>16</sub> ; 4282E1 <sub>16</sub> ; 1B35FF <sub>16</sub> ; |
| 7   | 7FFFFC <sub>16</sub> ; 4DBB71 <sub>16</sub> ; 21C06E <sub>16</sub> ; 187B99 <sub>16</sub> ; 3CE540 <sub>16</sub> ; 49CED1 <sub>16</sub> ; 43C4F6 <sub>16</sub> ; 1CED71 <sub>16</sub> ; 7CC353 <sub>16</sub> ; |
| 8   | 7FFFFC <sub>16</sub> ; 56B9EE <sub>16</sub> ; 6DC0FF <sub>16</sub> ; 1143BD <sub>16</sub> ; 6DA9B9 <sub>16</sub> ; 3D1B0B <sub>16</sub> ; 3C8027 <sub>16</sub> ; 6878D1 <sub>16</sub> ; 796EE2 <sub>16</sub> ; |
| 9   | 7FFFFC <sub>16</sub> ; 5730B7 <sub>16</sub> ; 07A508 <sub>16</sub> ; 5C950A <sub>16</sub> ; 5AC4D5 <sub>16</sub> ; 332E0B <sub>16</sub> ; 04B478 <sub>16</sub> ; 068575 <sub>16</sub> ; 276853 <sub>16</sub> ; |
| 10  | 7FFFFC <sub>16</sub> ; 32BC04 <sub>16</sub> ; 718EAA <sub>16</sub> ; 2D7E9F <sub>16</sub> ; 348B03 <sub>16</sub> ; 7FFD87 <sub>16</sub> ; 0CD6D5 <sub>16</sub> ; 411EBB <sub>16</sub> ; 3FD43A <sub>16</sub> ; |
| 11  | 7FFFFC <sub>16</sub> ; 4225A7 <sub>16</sub> ; 782501 <sub>16</sub> ; 33C567 <sub>16</sub> ; 337AC6 <sub>16</sub> ; 07C3D0 <sub>16</sub> ; 7615E2 <sub>16</sub> ; 053D21 <sub>16</sub> ; 1E0459 <sub>16</sub> ; |
| 12  | 7FFFFC <sub>16</sub> ; 2C72B3 <sub>16</sub> ; 161AE5 <sub>16</sub> ; 495760 <sub>16</sub> ; 11EE60 <sub>16</sub> ; 5F4D85 <sub>16</sub> ; 156B20 <sub>16</sub> ; 42F91A <sub>16</sub> ; 78D261 <sub>16</sub> ; |
| 13  | 7FFFFC <sub>16</sub> ; 753D0D <sub>16</sub> ; 2F8603 <sub>16</sub> ; 29751B <sub>16</sub> ; 29DE16 <sub>16</sub> ; 26AC1C <sub>16</sub> ; 3193F4 <sub>16</sub> ; 1C5B5D <sub>16</sub> ; 0D3447 <sub>16</sub> ; |
| 14  | 7FFFFC <sub>16</sub> ; 34D324 <sub>16</sub> ; 7586CA <sub>16</sub> ; 6F43D9 <sub>16</sub> ; 77FB03 <sub>16</sub> ; 1170EA <sub>16</sub> ; 5D9297 <sub>16</sub> ; 249A77 <sub>16</sub> ; 1A76ED <sub>16</sub> ; |
| 15  | 7FFFFC <sub>16</sub> ; 127C77 <sub>16</sub> ; 532AD6 <sub>16</sub> ; 5ED02D <sub>16</sub> ; 40C4AC <sub>16</sub> ; 3CA7A7 <sub>16</sub> ; 589E59 <sub>16</sub> ; 41C05B <sub>16</sub> ; 0881D6 <sub>16</sub> ; |

La première valeur admissible pour chaque flux spatial est commune à tous les DOD et elle constitue la valeur de départ par défaut pour les générateurs LFSR de sous-porteuses gérées non chargées pour ce flux spatial. Le multiplet composé des deux valeurs de départ par défaut est appelé valeur par défaut pour les générateurs LFSR de sous-porteuses gérées non chargées dans le cas des transmissions MIMO.

Pour chaque flux spatial  $i$ , le registre LFSR progresse de deux bits pour chaque sous-porteuse (pour les SSC comme pour les MSC) de chaque symbole de la charge utile. Les deux bits du LFSR correspondant à l'indice 0 de sous-porteuse sur chaque flux spatial sont les bits ( $c_1, c_2$ ) de la valeur de départ utilisée pour l'initialisation. Les deux bits du LFSR correspondant à l'indice 1 de sous-porteuse sur chaque flux spatial sont les bits ( $c_1, c_2$ ) après deux décalages, et ainsi de suite. En ce qui concerne la modulation des sous-porteuses non chargées, les symboles ACE sont traités de la même manière que les symboles de charge utile, à une différence près par rapport à ceux-ci: les symboles ACE sont créés sous la forme d'un seul flux spatial, et non deux. Cela signifie que seul le registre LFSR agissant sur le flux spatial 1 peut agir sur les symboles ACE.



**Figure 7-7 – Registre LFSR destiné à la modulation des sous-porteuses non chargées et partiellement chargées pour chacun des deux flux spatiaux**

**Tableau 7-14 – Exemples de valeurs de départ LFSR pour une valeur de départ initiale 7FFFFFF<sub>16</sub> générée par le DM, pour le flux spatial 1**

| Indice k de valeur de départ | Valeur de départ (S <sub>k</sub> ) |
|------------------------------|------------------------------------|
| 1                            | 7FFFFFF <sub>16</sub>              |
| 2                            | 26B489 <sub>16</sub>               |
| 3                            | 278A91 <sub>16</sub>               |
| 4                            | 15F4ED <sub>16</sub>               |
| 5                            | 5B4CB1 <sub>16</sub>               |
| 6                            | 2F021F <sub>16</sub>               |
| 7                            | 7A64C1 <sub>16</sub>               |
| 8                            | 414CD7 <sub>16</sub>               |
| 9                            | 649D5E <sub>16</sub>               |
| 10                           | 134826 <sub>16</sub>               |
| 11                           | 2A3DFC <sub>16</sub>               |
| 12                           | 2B9570 <sub>16</sub>               |
| 13                           | 3C6777 <sub>16</sub>               |
| 14                           | 757986 <sub>16</sub>               |
| 15                           | 103962 <sub>16</sub>               |
| 16                           | 0DB87B <sub>16</sub>               |
| 17                           | 076287 <sub>16</sub>               |
| 18                           | 3E1A31 <sub>16</sub>               |
| 19                           | 05DE6D <sub>16</sub>               |
| 20                           | 5C5B4E <sub>16</sub>               |
| 21                           | 596413 <sub>16</sub>               |
| 22                           | 0613D9 <sub>16</sub>               |
| 23                           | 19504A <sub>16</sub>               |
| 24                           | 50FDE0 <sub>16</sub>               |
| 25                           | 5CD048 <sub>16</sub>               |
| 26                           | 66C646 <sub>16</sub>               |
| 27                           | 7169B3 <sub>16</sub>               |
| 28                           | 480497 <sub>16</sub>               |
| 29                           | 053FE3 <sub>16</sub>               |
| 30                           | 51F1B1 <sub>16</sub>               |

**Tableau 7-14 – Exemples de valeurs de départ LFSR pour une valeur de départ initiale 7FFFFFF<sub>16</sub> générée par le DM, pour le flux spatial 1**

| Indice k de valeur de départ | Valeur de départ (S <sub>k</sub> ) |
|------------------------------|------------------------------------|
| 31                           | 7D2BA0 <sub>16</sub>               |
| 32                           | 11E4D8 <sub>16</sub>               |
| 33                           | 037144 <sub>16</sub>               |
| 34                           | 278587 <sub>16</sub>               |
| 35                           | 2CF7F7 <sub>16</sub>               |
| 36                           | 027D46 <sub>16</sub>               |
| 37                           | 70A7EB <sub>16</sub>               |
| 38                           | 4C622C <sub>16</sub>               |
| 39                           | 54DC68 <sub>16</sub>               |
| 40                           | 01715E <sub>16</sub>               |
| 41                           | 274A7B <sub>16</sub>               |
| 42                           | 55238D <sub>16</sub>               |
| 43                           | 008B06 <sub>16</sub>               |
| 44                           | 3FA255 <sub>16</sub>               |
| 45                           | 777A6A <sub>16</sub>               |
| 46                           | 5154DD <sub>16</sub>               |
| 47                           | 55C203 <sub>16</sub>               |
| 48                           | 0D21F9 <sub>16</sub>               |
| 49                           | 1BEDE6 <sub>16</sub>               |
| 50                           | 608D6B <sub>16</sub>               |
| 51                           | 4B75D3 <sub>16</sub>               |
| 52                           | 22BA64 <sub>16</sub>               |
| 53                           | 7D0646 <sub>16</sub>               |
| 54                           | 7F56E6 <sub>16</sub>               |
| 55                           | 614333 <sub>16</sub>               |
| 56                           | 4F1368 <sub>16</sub>               |
| 57                           | 7359EF <sub>16</sub>               |
| 58                           | 2D86A9 <sub>16</sub>               |
| 59                           | 25373D <sub>16</sub>               |
| 60                           | 258466 <sub>16</sub>               |
| 61                           | 4CE92A <sub>16</sub>               |
| 62                           | 6B7E3D <sub>16</sub>               |
| 63                           | 760B34 <sub>16</sub>               |
| 64                           | 761EA6 <sub>16</sub>               |

**Tableau 7-15 – Exemples de valeurs de départ LFSR pour une valeur de départ initiale de 7FFFFFF<sub>16</sub> générée par le DM, pour le flux spatial 2**

| Indice k de valeur de départ | Valeur de départ (S <sub>k</sub> ) |
|------------------------------|------------------------------------|
| 1                            | 7FFFFC <sub>16</sub>               |
| 2                            | 1AD227 <sub>16</sub>               |
| 3                            | 1E2A46 <sub>16</sub>               |
| 4                            | 57D3B5 <sub>16</sub>               |
| 5                            | 6D32C5 <sub>16</sub>               |
| 6                            | 3C087E <sub>16</sub>               |
| 7                            | 699305 <sub>16</sub>               |
| 8                            | 05335F <sub>16</sub>               |
| 9                            | 12757B <sub>16</sub>               |
| 10                           | 4D209B <sub>16</sub>               |
| 11                           | 28F7F3 <sub>16</sub>               |
| 12                           | 2E55C2 <sub>16</sub>               |
| 13                           | 719DDD <sub>16</sub>               |
| 14                           | 55E61A <sub>16</sub>               |
| 15                           | 40E588 <sub>16</sub>               |
| 16                           | 36E1ED <sub>16</sub>               |
| 17                           | 1D8A1F <sub>16</sub>               |
| 18                           | 7868C7 <sub>16</sub>               |
| 19                           | 1779B5 <sub>16</sub>               |
| 20                           | 716D3A <sub>16</sub>               |
| 21                           | 65904F <sub>16</sub>               |
| 22                           | 184F66 <sub>16</sub>               |
| 23                           | 654129 <sub>16</sub>               |
| 24                           | 43F782 <sub>16</sub>               |
| 25                           | 734122 <sub>16</sub>               |
| 26                           | 1B1919 <sub>16</sub>               |
| 27                           | 45A6CE <sub>16</sub>               |
| 28                           | 20125E <sub>16</sub>               |
| 29                           | 14FF8D <sub>16</sub>               |
| 30                           | 47C6C7 <sub>16</sub>               |
| 31                           | 74AE82 <sub>16</sub>               |
| 32                           | 479361 <sub>16</sub>               |
| 33                           | 0DC513 <sub>16</sub>               |
| 34                           | 1E161E <sub>16</sub>               |
| 35                           | 33DFDD <sub>16</sub>               |
| 36                           | 09F51A <sub>16</sub>               |
| 37                           | 429FAF <sub>16</sub>               |
| 38                           | 3188B2 <sub>16</sub>               |

**Tableau 7-15 – Exemples de valeurs de départ LFSR pour une valeur de départ initiale de 7FFFFFF<sub>16</sub> générée par le DM, pour le flux spatial 2**

| Indice k de valeur de départ | Valeur de départ (S <sub>k</sub> ) |
|------------------------------|------------------------------------|
| 39                           | 5371A2 <sub>16</sub>               |
| 40                           | 05C579 <sub>16</sub>               |
| 41                           | 1D29EE <sub>16</sub>               |
| 42                           | 548E37 <sub>16</sub>               |
| 43                           | 022C18 <sub>16</sub>               |
| 44                           | 7E8956 <sub>16</sub>               |
| 45                           | 5DE9A8 <sub>16</sub>               |
| 46                           | 455377 <sub>16</sub>               |
| 47                           | 57080F <sub>16</sub>               |
| 48                           | 3487E5 <sub>16</sub>               |
| 49                           | 6FB79B <sub>16</sub>               |
| 50                           | 0235AF <sub>16</sub>               |
| 51                           | 2DD74D <sub>16</sub>               |
| 52                           | 0AE993 <sub>16</sub>               |
| 53                           | 74191A <sub>16</sub>               |
| 54                           | 7D5B98 <sub>16</sub>               |
| 55                           | 050CCE <sub>16</sub>               |
| 56                           | 3C4DA1 <sub>16</sub>               |
| 57                           | 4D67BC <sub>16</sub>               |
| 58                           | 361AA4 <sub>16</sub>               |
| 59                           | 14DCF4 <sub>16</sub>               |
| 60                           | 161198 <sub>16</sub>               |
| 61                           | 33A4AA <sub>16</sub>               |
| 62                           | 2DF8F4 <sub>16</sub>               |
| 63                           | 582CD1 <sub>16</sub>               |
| 64                           | 587A99 <sub>16</sub>               |

Pour chaque flux spatial  $i$ , la modulation des sous-porteuses qui ne portent pas de bits de charge utile codés est la suivante:

- 1) En commençant au début du premier symbole OFDM de charge utile, chaque sous-porteuse de l'ensemble ISC<sup>(i)</sup> (qui regroupe les sous-porteuses inactives du flux spatial  $i$ ,  $i = 1,2$ ) est modulée avec deux bits qui sont les bits de plus faible poids du registre LFSR,  $c_1$  et  $c_2$ , en utilisant le mappage de constellation à deux bits défini au paragraphe 7.1.4.3.1 ( $c_1$  étant transmis en premier).
- 2) Dans chaque symbole OFDM de charge utile, si le nombre de bits du flux spatial  $i$ , dans la trame de symboles, ne remplit pas entièrement le symbole, les bits du registre LFSR sont utilisés pour compléter la trame de symboles de ce flux spatial  $i$ , en prenant des groupes de  $m^{(i)}$  bits LSB du registre LFSR (bits  $c_1$  à  $c_{m^{(i)}}$  du LFSR,  $c_1$  étant transmis en premier) et en les mappant sur les sous-porteuses restantes;  $m^{(i)}$  représente le nombre de bits attribués à une sous-porteuse du flux spatial  $i$  conformément à la table BAT de celui-ci. En ce qui

concerne la première sous-porteuse du flux spatial  $i$  ainsi complétée, si  $n^{(i)}$  bits parmi les  $m^{(i)}$  bits chargés sont des bits de données ( $n^{(i)} < m^{(i)}$ ), ces  $n^{(i)}$  bits de données doivent être chargés comme bits de plus faible poids du groupe de bits mappés sur le point de constellation, et les  $m^{(i)} - n^{(i)}$  bits du registre LFSR (bits  $c_1$  à  $c_{m^{(i)}-n^{(i)}}$  du LFSR,  $c_1$  étant transmis en premier) doivent être les bits de plus fort poids du groupe de bits mappés sur le point de constellation à partir du bit LSB du registre LFSR.

- 3) Dans le cas des symboles de sonde d'estimation de canal 1 SS ou 2 SS, et en commençant au début du premier symbole OFDM de charge utile, chaque sous-porteuse de l'ensemble ISC<sup>(i)</sup> (qui regroupe les sous-porteuses inactives du flux spatial  $i$ ,  $i = 1,2$ ) est modulée avec deux bits qui sont les bits de plus faible poids du registre LFSR,  $c_1$  et  $c_2$ , en utilisant le mappage de constellation à deux bits défini au paragraphe 7.1.4.3.1 ( $c_1$  étant transmis en premier).

Pour chaque flux spatial  $i$ , les bits générés par le registre LFSR sont chargés sur les sous-porteuses dans l'ordre des indices logiques (c'est-à-dire comme sont chargées les données sur les symboles de charge utile), conformément à l'indexation des sous-porteuses défini au paragraphe 7.1.4.1. La modulation de sous-porteuses non chargées commence par la SSC non chargée du flux spatial  $i$ , USSC<sup>(i)</sup>, qui présente l'indice logique le plus bas du premier symbole de charge utile; elle se poursuit dans l'ordre croissant des indices logiques jusqu'à la SSC non chargée du flux spatial  $i$ , USSC<sup>(i)</sup>, qui présente l'indice logique le plus haut du premier symbole de charge utile, elle continue avec la SSC non chargée du flux spatial  $i$ , USSC<sup>(i)</sup>, qui présente l'indice logique le plus bas du deuxième symbole de charge utile, elle poursuit dans l'ordre croissant des indices logiques jusqu'à la SSC non chargée du flux spatial  $i$ , USSC<sup>(i)</sup>, qui présente l'indice logique le plus haut du deuxième symbole de charge utile et continue jusqu'à la sous-porteuse non chargée SSC du flux spatial  $i$ , USSC<sup>(i)</sup>, qui présente l'indice logique le plus élevé du dernier symbole de charge utile.

Les sous-porteuses actives de chaque flux spatial  $i$ , ASC<sup>(i)</sup>, de l'ensemble de SSC sont chargées conformément à la table BAT du flux spatial  $i$ , comme défini au paragraphe 7.1.4.2.2.

### **7.1.4.3 Codeur de constellation**

#### **7.1.4.3.1 Mappage de constellation**

Le mappage de constellation est effectué de manière indépendante sur chaque flux spatial. Il associe chaque groupe de bits devant être chargé sur une sous-porteuse avec les valeurs I (composante en phase) et Q (composante en quadrature) d'un diagramme de constellation. Chaque groupe de  $b$  bits entrants  $\{d_{b-1}, d_{b-2}, \dots, d_0\}$  est associé à des valeurs spécifiques de I et Q calculées selon la procédure définie dans le présent paragraphe.

Chaque groupe de bits  $\{d_{b-1}, d_{b-2}, \dots, d_0\}$  est mappé sur le conditionneur de constellation, en commençant par le bit de plus faible poids,  $d_0$ .

##### **7.1.4.3.1.1 Constellations pour les nombres pairs de bits**

Voir le paragraphe 7.1.4.3.1.1 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

##### **7.1.4.3.1.2 Constellations pour les nombres impairs de bits**

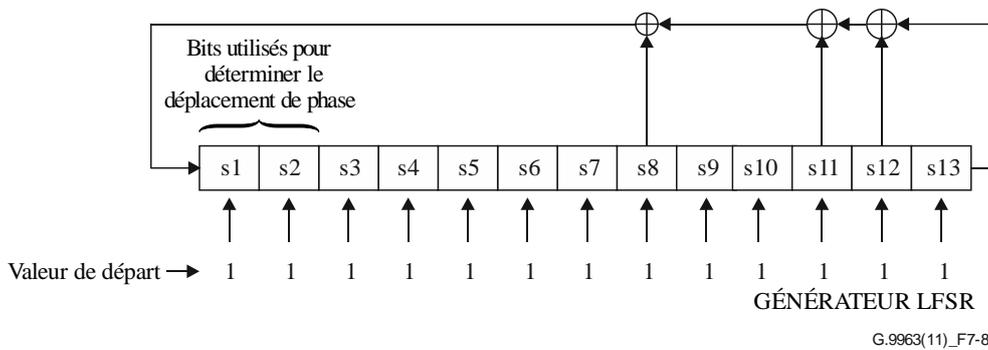
Voir le paragraphe 7.1.4.3.1.2 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

##### **7.1.4.3.2 Normalisation de constellation**

Voir le paragraphe 7.1.4.3.2 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

##### **7.1.4.3.3 Embrouilleur de constellation**

La phase des points de constellation générés par le conditionneur de constellation est décalée conformément à la séquence pseudo-aléatoire produite par un registre à décalage avec réinjection linéaire (LFSR), comme illustré à la Figure 7-8.



**Figure 7-8 – Embrouilleur de constellation**

Le générateur LFSR applique le polynôme  $g(x) = x^{13} + x^{12} + x^{11} + x^8 + 1$ .

Le LFSR progresse de deux bits pour chaque sous-porteuse. En ce qui concerne l'en-tête, l'estimation de canal supplémentaire (ACE) et la charge utile, les bits sont attribués dans l'ordre suivant aux sous-porteuses des flux spatiaux:

- L'embrouillage procède comme suit, en commençant par la sous-porteuse ayant l'indice logique le plus bas:
  - Les deux bits de plus faible poids du registre, s1 et s2, servent à déterminer le déplacement de phase appliqué au point de constellation du flux spatial 1 associé à la sous-porteuse en question, conformément au Tableau 7-16.
  - Si le symbole comprend deux flux spatiaux, ces mêmes bits s1 et s2 servent à déterminer le déplacement de phase appliqué au point de constellation du flux spatial 2 associé à la sous-porteuse en question, conformément au Tableau 7-16; dans le cas contraire, cette étape est omise.
  - Le LFSR progresse ensuite de deux bits.
- Ces opérations sont répétées pour la sous-porteuse suivante dans l'ordre d'indice logique (voir le paragraphe 7.1.4.1).
- La procédure se poursuit jusqu'à la sous-porteuse d'indice logique le plus élevé, sur laquelle sont effectuées les mêmes opérations qu'aux points précédents.

**Tableau 7-16 – Déplacement de phase de constellation en fonction des bits produits par le registre LFSR**

| Résultat du LFSR |    | Déplacement de phase (rad) |
|------------------|----|----------------------------|
| s2               | s1 |                            |
| 0                | 0  | 0                          |
| 0                | 1  | $\pi/2$                    |
| 1                | 0  | $\pi$                      |
| 1                | 1  | $3\pi/2$                   |

En ce qui concerne l'en-tête, les symboles d'estimation de canal supplémentaire (ACE) et la charge utile, le déplacement de phase appliqué par le LFSR à la sous-porteuse d'indice  $i$  est égal à  $2i$  (pour les sous-porteuses gérées, comme pour les sous-porteuses masquées). Les deux bits du LFSR correspondant à l'indice 0 de sous-porteuse sont les bits ( $s_1, s_2$ ) de la valeur de départ utilisée pour l'initialisation. Les deux bits du LFSR correspondant à l'indice 1 de sous-porteuse sont les bits ( $s_1, s_2$ ) après deux déplacements de phase, et ainsi de suite.

En ce qui concerne le préambule et les signaux INUSE, PR, NACK et IDPS, le déplacement de phase appliqué par le LFSR à la sous-porteuse d'indice  $(i \times k_m)$  est égal à  $2i$ , où  $k_m$  représente le coefficient multiplicatif d'espacement des sous-porteuses pour la section de préambule  $m$  (voir le paragraphe 7.1.4.6.3).

Le générateur à registre LFSR est initialisé avec la valeur de départ  $1FFF_{16}$  pour chaque symbole OFDM. Le bit de plus faible poids de la valeur de départ est  $s_1$ . L'embrouilleur de constellation est appliqué à tous les symboles de l'en-tête de la trame PHY, symboles ACE et symboles de charge utile en appliquant, au point de constellation  $Z^0_{i,l}$  mappé à l'origine, le déplacement de phase  $\theta$  pour obtenir la partie complexe du nombre  $Z_{i,l}$  qui subira une transformation de Fourier discrète inverse (IDFT); voir le paragraphe 7.1.4.5.1.

$$Z_{i,l} = Z^0_{i,l} \cdot \exp(j\theta).$$

#### 7.1.4.4 Mappeur de ports Tx

Les flux spatiaux en sortie du codeur de constellation sont traités par le mappeur de ports Tx. Le mappeur délivre en sortie les flux d'émission, qui sont transformés en échantillons sur le domaine temporel par le modulateur OFDM et connectés aux ports Tx. Le mappeur de ports Tx travaille par sous-porteuse. Il associe des paires de points de constellation attribués aux deux flux spatiaux sur la même sous-porteuse à des paires de signaux qui sont connectés, après modulation OFDM (c'est-à-dire IDFT), aux ports Tx, et s'appuie pour cela sur une table d'attribution de mappage de ports Tx (MAT). Le principe de fonctionnement du mappeur de ports Tx est détaillé ci-après.

On note:

$S_{in,i}^{(j)}$  – le point de signal d'entrée, associé à la sous-porteuse  $i$  ( $i = 0, \dots, N-1$ ), du flux spatial  $j$  ( $j = 1,2$ )

$S_{out,i}^{(k)}$  – le point de signal de sortie, associé à la sous-porteuse  $i$  ( $i = 0, \dots, N-1$ ), du flux d'émission  $k$  ( $k = 1,2$ )

Lorsqu'un seul flux spatial est utilisé,  $S_{in,i}^{(2)} = 0$ .

La matrice de mappage des ports Tx pour la sous-porteuse  $i$  est exprimée comme suit:

$$TPM_i = \begin{bmatrix} TPM_{11,i} & TPM_{12,i} \\ TPM_{21,i} & TPM_{22,i} \end{bmatrix}, i = 0, \dots, N-1,$$

où  $TPM_{kj,i}$  représente le mappage du flux spatial  $j$  au flux d'émission  $k$  pour la sous-porteuse  $i$ .

L'opération de mappage des ports Tx, pour la sous-porteuse  $i$ , correspond au produit matriciel:

$$\begin{bmatrix} S_{out,i}^{(1)} \\ S_{out,i}^{(2)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} TPM_{11,i} & TPM_{12,i} \\ TPM_{21,i} & TPM_{22,i} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} S_{in,i}^{(1)} \\ S_{in,i}^{(2)} \end{bmatrix}, i = 0, \dots, N-1$$

Des mappages particuliers sont décrits par des matrices de mappage spécifiques, définies au paragraphe 7.1.4.4.1, et par la table MAT, définie au paragraphe 7.1.4.4.2.

Le mappage des ports Tx, c'est-à-dire des flux d'émission, sur les groupe de conducteurs physiques (par exemple la connexion du port Tx 1 à une borne P-N dans le cas d'une ligne électrique) est laissé à la discrétion du vendeur. Toutefois, ce mappage ne doit pas changer une fois qu'un nœud est enregistré sur un domaine.

##### 7.1.4.4.1 Matrices de mappage de ports Tx spécifiques

###### 7.1.4.4.1.1 Mappage "direct", $TPM_0$

La matrice de mappage "direct" de ports Tx pour deux flux spatiaux est la matrice unité:

$$TPM \#0 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

#### 7.1.4.4.1.2 Mappage "duplication", TPM 1

La matrice de mappage "duplication" de ports Tx, pour un seul flux spatial, est la suivante:

$$TPM \#1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

#### 7.1.4.4.1.3 Mappage "duplication et inversion de signe", TPM 2

La matrice de mappage "duplication et inversion de signe" de ports Tx, pour un seul flux spatial, est la suivante:

$$TPM \#2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$

#### 7.1.4.4.1.4 Mappage "port Tx 1", TPM 3

La matrice de mappage "port Tx 1" de ports Tx, pour deux flux spatiaux, est la suivante:

$$TPM \#3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

#### 7.1.4.4.1.5 Mappage "port Tx 2", TPM 4

La matrice de mappage "port Tx 2" de ports Tx, pour deux flux spatiaux, est la suivante:

$$TPM \#4 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

#### 7.1.4.4.1.6 Mappage "précodage", TPM 5

La matrice "précodage" de mappage de ports Tx, pour deux flux spatiaux, est définie par les angles  $\theta$  et  $\varphi$ ,  $0 \leq \theta \leq \pi/2$ ;  $0 \leq \varphi < 2\pi$ . Cette matrice est la suivante:

$$TPM \#5 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} e^{j\varphi} \cos \theta & -e^{j\varphi} \sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}; \quad 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}; \quad 0 \leq \varphi < 2\pi$$

Les angles  $\theta$  et  $\varphi$  sont respectivement quantifiés par rapport aux bits  $B_1$  et  $B_2$ , dont les valeurs sont soit  $B_1 = B_2 = 4$  bits, soit  $B_1 = B_2 = 8$  bits, comme décrit aux paragraphes 8.11.1.7.3 et 8.11.1.7.5. La façon dont sont communiqués les indices angulaires est décrite au paragraphe 8.11. Si  $P_1$  et  $P_2$  désignent respectivement les indices de phase de  $\theta$  et  $\varphi$ ,  $0 \leq P_1 \leq 2^{B_1} - 1$ ;  $0 \leq P_2 \leq 2^{B_2} - 1$ , pour une sous-porteuse donnée, l'émetteur utilise le mappage de ports Tx TPM 5, dans lequel:

$$\theta = \frac{\pi \cdot (2P_1 + 1)}{2^{B_1 + 2}} \quad \text{et} \quad \varphi = \frac{\pi \cdot (2P_2 + 1)}{2^{B_2}}$$

NOTE – On tiendra compte des exigences en matière de grandeur vectorielle d'erreur de l'émetteur lors de la régénération de la matrice de mappage de précodage dans l'émetteur.

#### 7.1.4.4.1.7 Mappage "précodage sans entrée SS 2", TPM 6

La matrice de "précodage sans entrée SS 2" de mappage de ports Tx, pour deux flux spatiaux, est définie par les angles  $\theta$  et  $\varphi$ ,  $0 \leq \theta \leq \pi/2$ ;  $0 \leq \varphi < 2\pi$ . Cette matrice est la suivante:

$$TPM \#6 = \begin{bmatrix} e^{j\varphi} \cos \theta & 0 \\ \sin \theta & 0 \end{bmatrix}; \quad 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}; \quad 0 \leq \varphi < 2\pi$$

La quantification des angles  $\theta$  et  $\varphi$  est décrite au paragraphe 7.1.4.4.1.6.

#### 7.1.4.4.1.8 Mappage "précodage sans entrée SS 1", TPM 7

La matrice de mappage de ports Tx destinée à être utilisée pour le précodage avec émission du flux spatial 2 est définie par les angles  $\theta$  et  $\varphi$ ,  $0 \leq \theta \leq \pi/2$ ;  $0 \leq \varphi < 2\pi$ . Cette matrice est la suivante:

$$TPM \#7 = \begin{bmatrix} 0 & -e^{j\varphi} \sin \theta \\ 0 & \cos \theta \end{bmatrix}; \quad 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}; \quad 0 \leq \varphi < 2\pi$$

La quantification des angles  $\theta$  et  $\varphi$  est décrite au paragraphe 7.1.4.4.1.6.

#### 7.1.4.4.2 Table d'attribution de mappage des ports Tx (MAT)

Le mappage des ports Tx suit une table d'attribution de mappage des ports Tx (MAT), qui associe les indices des sous-porteuses à des matrices de mappage spécifiques appliquées à ces sous-porteuses. Les indices des sous-porteuses sont ordonnés par ordre croissant dans une table MAT, du plus petit au plus grand, conformément à l'indexation des sous-porteuses définie au paragraphe 7.1.4.1 (de la même façon que pour les tables BAT).

La MAT utilisée par le nœud dans une trame PHY donnée fait partie de la table BMAT, décrite au paragraphe 7.1.4.4.3. Elle est indiquée au(x) nœud(s) récepteurs par le biais du champ BMAT\_ID, qui fait partie des champs d'en-tête spécifiques des trames PHY de type MSG/BMSG/BACK/PROBE, comme décrit au paragraphe 7.1.2.3.2.2.8.

La table MAT ne doit être utilisée que pour mapper deux flux spatiaux, et uniquement avec les matrices de mappage de ports Tx TPM 0, TPM 3, TPM 4, TPM 5, TPM 6 et TPM 7. Les matrices TPM 1 et TPM 2 sont destinées au mappage de ports Tx pour les transmissions utilisant un seul flux spatial. Dans ce cas de figure, la même matrice de mappage de ports Tx s'applique à toutes les sous-porteuses.

##### 7.1.4.4.2.1 Tables MAT prédéfinies

On définit les tables MAT prédéfinies suivantes:

- 1) MAT prédéfinie de type 0: mappage de ports Tx uniforme qui applique la matrice de mappage "port Tx 1" (TPM 3), définie au paragraphe 7.1.4.4.1.4, à l'ensemble de sous-porteuses utilisé par les tables BAT correspondantes des deux flux spatiaux (c'est-à-dire à toutes les sous-porteuses, à l'exception de l'ensemble PMSC ou des ensembles PMSC et RMSC).
- 2) MAT prédéfinie de type 1: mappage de ports Tx uniforme qui applique la matrice de mappage "port Tx 2" (TPM 4), définie au paragraphe 7.1.4.4.1.5, à l'ensemble de sous-porteuses utilisé par les tables BAT correspondantes des deux flux spatiaux (c'est-à-dire à toutes les sous-porteuses, à l'exception de l'ensemble PMSC ou des ensembles PMSC et RMSC).
- 3) MAT prédéfinie de type 2: mappage de ports Tx uniforme qui applique la matrice de mappage direct (TPM 0), définie au paragraphe 7.1.4.4.1.1, à l'ensemble de sous-porteuses utilisé par les tables BAT correspondantes des deux flux spatiaux (c'est-à-dire à toutes les sous-porteuses, à l'exception de l'ensemble PMSC ou des ensembles PMSC et RMSC).

Chaque nœud doit prendre en charge les tables MAT prédéfinies de type 0, 1 et 2.

#### 7.1.4.4.2 Tables MAT d'exécution

Une table MAT d'exécution associe, aux indices des SSC, le mappage de ports Tx affecté à chaque sous-porteuse. Lors d'une transmission MIMO, la table MAT est choisie en même temps que les deux tables BAT. Le résultat de cette combinaison est nommé BMAT (table d'attribution des bits et de mappage des ports Tx) et décrit au paragraphe 7.1.4.4.3.

#### 7.1.4.4.3 Table MAT avec groupement de précodage des sous-porteuses

À chaque fois que le mode MIMO 1 ou 2 est employé (voir le paragraphe 8.11), le récepteur peut appliquer un groupement de précodage des sous-porteuses de valeur  $PG = 1$  (pas de groupement), 2, 4, 8 ou 16 sous-porteuses de fréquences consécutives pour communiquer les paramètres, c'est-à-dire les angles de précodage, à l'émetteur. Lorsqu'un groupement de précodage est utilisé ( $PG > 1$ ), toutes les sous-porteuses d'un même groupe (leur nombre est indiqué par la valeur  $PG$ ) appliquent les mêmes paramètres, c'est-à-dire les mêmes angles de précodage. Le premier groupe comprend les  $PG$  sous-porteuses, dans l'ordre croissant des indices des sous-porteuses défini au paragraphe 7.1.4.1. Si un groupe contient des sous-porteuses masquées (MSC) ou qui s'étendent au-delà de l'ensemble de sous-porteuses applicable, le nœud applique les paramètres, c'est-à-dire les angles de précodage attribués à ce groupe, à l'ensemble de sous-porteuses applicable uniquement. La valeur par défaut de  $PG$  est 1.

Le groupement de précodage ( $PG$ ) peut être négocié à l'initiation de l'estimation de canal au moyen des messages MCE\_Initiation.req et MCE\_Initiation.cnf, comme indiqué au paragraphe 8.11.1.1.1. En complément, la valeur de  $PG$  doit également figurer dans le message MCE\_ParamUpdate.req lorsqu'une table BMAT est communiquée et qu'elle contient les paramètres de précodage, comme décrit au paragraphe 8.11.1.

#### 7.1.4.4.3 Tables d'attribution des bits et de mappage des ports Tx (BMAT)

Une table BMAT associe les éléments suivants:

- Les tables d'attribution des bits (BAT) pour la charge utile de la trame PHY (voir le paragraphe 7.1.4.2.2):
  - BAT du flux spatial 1, BAT<sup>(1)</sup>.
  - BAT du flux spatial 2, BAT<sup>(2)</sup>.
- La table d'attribution de mappage des ports Tx (MAT) pour la charge utile de la trame PHY (voir le paragraphe 7.1.4.4.2).

La table BMAT utilisée par le nœud dans une trame PHY donnée est indiquée au(x) nœud(s) récepteur(s) dans le champ BMAT\_ID, qui fait partie des champs d'en-tête spécifiques des trames PHY de type MSG/BMSG/BACK/PROBE, comme décrit au paragraphe 7.1.2.3.2.2.8.

#### 7.1.4.4.3.1 Tables BMAT prédéfinies et d'exécution

Le Tableau 7-3 décrit les différentes façons d'associer deux tables BAT et une MAT pour obtenir la table BMAT. La table BMAT contient des attributions prédéfinies (valeurs de BMAT\_ID de 0 à 11) et des attributions d'exécution (valeurs de BMAT\_ID de 16 à 27).

Les tables BMAT d'exécution peuvent être définies par le nœud récepteur (BMAT définie par le récepteur) pour un canal d'unidiffusion donné, ou choisies par le nœud émetteur (BMAT définie par l'émetteur) pour un canal de multidiffusion donné. Les BMAT d'exécution sont communiquées, au(x) nœud(s) pair(s), par le nœud qui en est à l'origine; par exemple, un nœud à l'origine d'une transmission en multidiffusion vers plusieurs nœuds leur communique la table BMAT avant d'envoyer les données (voir le paragraphe 8.11 et le paragraphe 8.16).

Les BMAT sont créées de façon que le codage des deux BAT qu'elles contiennent transporte les informations de mappage des ports Tx ainsi que les informations de chargement des bits pour chaque sous-porteuse. Les valeurs de 0 à 12 ou la valeur spéciale égale à 15 sont attribuées individuellement

aux sous-porteuses de chaque flux spatial, conformément aux règles ci-après (voir également le Tableau 8-27):

- Pour les cas de figure qui nécessitent d'attribuer, pour une sous-porteuse donnée, un mappage de ports Tx seul (matrices *TPM 3* ou *TPM 4*) ou un précodage avec mappage d'un seul flux spatial (matrices *TPM 6* ou *TPM 7*), la valeur 15 est attribuée au flux spatial qui n'est pas mappé sur un port Tx. Le flux concerné reçoit un chargement de bits nul et ne reçoit pas non plus de bits générés de façon pseudo-aléatoire par le registre LFSR (même si le LFSR est avancé pour ce flux et cette sous-porteuse). On attribue à l'autre flux spatial une valeur de 0 à 12. La valeur 0 indique que des bits du registre LFSR (lequel est utilisé pour charger les "sous-porteuses non chargées", voir le paragraphe 7.1.4.2.5) sont chargés sur ce flux spatial.
- Pour les cas de figure qui nécessitent d'attribuer, pour une sous-porteuse donnée, les mappages de deux flux spatiaux à deux ports Tx (matrice de mappage *TPM 0* ou *TPM 5*), des valeurs de 0 à 12 sont attribuées aux deux flux spatiaux. La valeur 0 indique que des bits du registre LFSR (lequel est utilisé pour charger les "sous-porteuses non chargées", voir le paragraphe 7.1.4.2.5) sont chargés sur le flux spatial et la sous-porteuse concernés. Les autres valeurs, de 1 à 12, indiquent le nombre de bits chargés sur la sous-porteuse.

#### **7.1.4.4.3.2 Tables BMAT déterminées par l'émetteur et déterminées par le récepteur**

On définit deux types de mappage, selon qu'il est déterminé par l'émetteur ou par le récepteur. Dans le cas d'un mappage déterminé par l'émetteur, celui-ci choisit la table BMAT à utiliser, laquelle peut être prédéfinie ou communiquée à tous les nœuds destinataires avant transmission au moyen du protocole d'estimation de canal pour la transmission en unidiffusion (voir le paragraphe 8.11), et au moyen du protocole de liaison de multidiffusion pour la transmission en multidiffusion (voir le paragraphe 8.16). Dans le cas d'un mappage déterminé par le récepteur, la table BMAT est définie par le récepteur du nœud de destination et communiquée à l'émetteur par le biais du protocole d'estimation de canal.

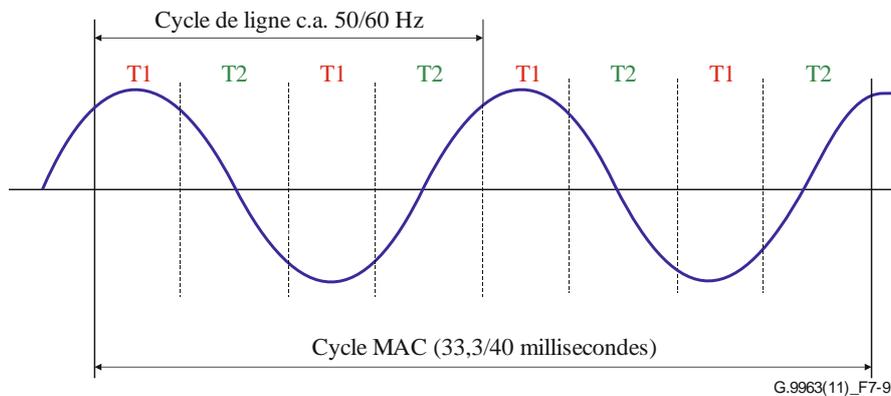
Lorsque la transmission s'effectue en unidiffusion, le nœud utilise l'une des tables BMAT prédéfinies ou une BMAT d'exécution déterminée par le récepteur.

Les transmissions en multidiffusion sur la couche PHY depuis un nœud [UIT-T G.9963] peuvent faire appel à l'un ou l'autre des deux systèmes de transmission suivants (comme décrit au paragraphe 8.16):

- transmission [UIT-T G.9960];
- transmission MIMO, la charge utile étant sous la forme d'un seul flux spatial.

Dans le cas d'une transmission en multidiffusion utilisant l'un ou l'autre de ces systèmes, seules les tables BAT sont définies (les tables BMAT ne le sont pas). Il est possible d'utiliser des BAT prédéfinies (déterminées par l'émetteur) et des BAT d'exécution. Lorsqu'une BAT d'exécution est employée, elle doit être définie par le nœud à l'origine de la multidiffusion, c'est-à-dire déterminée par l'émetteur; ce dernier génère la table BAT et la communique à tous les destinataires dans la multidiffusion (voir le paragraphe 8.16).

Il est possible de définir des tables BMAT déterminées par l'émetteur et déterminées par le récepteur qui sont valables uniquement pour certaines parties du cycle MAC. La partie du cycle MAC pour laquelle une BMAT donnée est valable est appelée région BMAT. Dans le cas de tables BMAT déterminées par le récepteur, la ou les régions BMAT applicables, y compris le point de départ et le point de fin de chaque région BMAT par rapport au cycle MAC, sont communiquées à l'émetteur dans le cadre du protocole d'estimation de canal.



**Figure 7-9 – Exemple de régions BMAT dans le cycle MAC d'une ligne électrique**

La Figure 7-9 illustre le cas de plusieurs régions BMAT pour une ligne électrique. Dans cet exemple, les régions BMAT sont périodiques sur environ la moitié du cycle d'une ligne en courant alternatif et les tables BMAT sont au nombre de deux. La table BMAT T1 est appliquée au niveau des crêtes du cycle de la ligne c.a. et la table BMAT T2 est appliquée au niveau des passages à zéro du cycle de la ligne c.c. Le récepteur indique à l'émetteur le point de départ et le point de fin de chaque région BMAT par rapport au cycle MAC dans le cadre du protocole d'estimation de canal.

Un nœud doit pouvoir prendre en charge les deux types de mappage (déterminé par l'émetteur et le déterminé par le récepteur).

#### **7.1.4.4.4 Mappages de ports Tx spécifiques des éléments de la trame PHY**

##### **7.1.4.4.4.1 Mappage de ports Tx pour l'en-tête de la trame PHY**

Lorsqu'un nœud [UIT-T G.9963] met en œuvre une transmission MIMO, le mappage sur les ports Tx de tous les symboles d'en-tête est effectué au moyen de la matrice de mappage "duplication" (*TPM 1*), définie au paragraphe 7.1.4.4.1.2, sur toutes les sous-porteuses à l'exception des sous-porteuses masquées à titre permanent (PMSC).

##### **7.1.4.4.4.2 Mappage de ports Tx pour les symboles ACE**

Lorsqu'un nœud [UIT-T G.9963] met en œuvre une transmission MIMO, le mappage de ports Tx pour les symboles ACE est effectué de la manière suivante:

- Dans le cas de figure où la transmission comprend une charge utile destinée à un nœud [UIT-T G.9963] et que celle-ci prend la forme de deux flux spatiaux (à savoir MIMO\_IND = 1, cas "4a" du Tableau 7-1):
  - les symboles ACE de numéro impair sont traités par la matrice de mappage "duplication et inversion de signe" (*TPM 2*), définie au paragraphe 7.1.4.4.1.3, pour l'ensemble des sous-porteuses gérées;
  - les symboles ACE de numéro pair sont traités par la matrice de mappage "duplication" (*TPM 1*), définie au paragraphe 7.1.4.4.1.2, pour l'ensemble des sous-porteuses gérées.
 Dans ce cas, un symbole ACE est obligatoire à la suite de l'en-tête; les symboles ACE supplémentaires sont facultatifs.
- Pour tous les autres cas de figure où la transmission comprend une charge utile (à savoir MIMO\_IND = 0, cas "4b", "5" et "6" du Tableau 7-1):
  - les symboles ACE sont traités par la matrice de mappage "duplication" (*TPM 1*), définie au paragraphe 7.1.4.4.1.2, pour l'ensemble des sous-porteuses gérées.

Dans ces cas de figure, tous les symboles ACE sont facultatifs.

### 7.1.4.4.3 Mappage de ports Tx pour les symboles de sonde

Le mappage, sur les ports Tx, des symboles de sonde d'un canal 1 SS utilise la matrice de mappage "duplication" (*TPM 1*), définie au paragraphe 7.1.4.4.1.2, pour l'ensemble des sous-porteuses gérées.

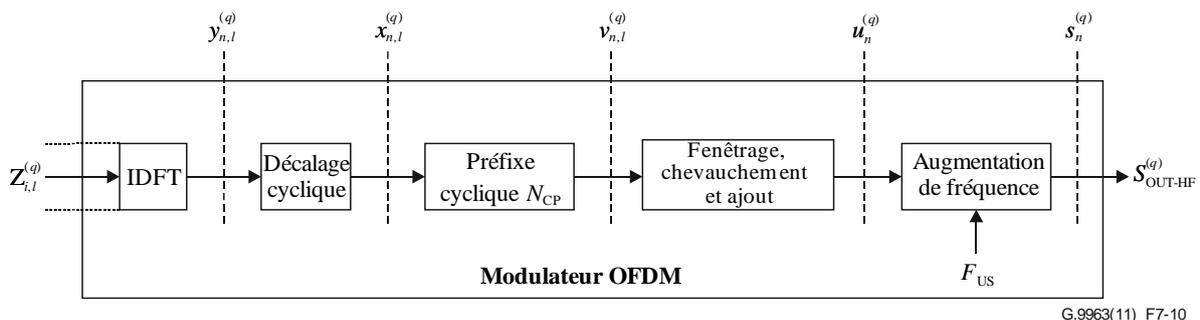
Le mappage, sur les ports Tx, des symboles de sonde d'un canal 2 SS utilise la table MAT correspondant au BMAT\_ID indiqué dans le champ PRB\_BMAT\_ID de la trame PROBE.

### 7.1.4.4.4 Mappages des symboles de charge utile en mode RCM

Lorsqu'un nœud [UIT-T G.9963] met en œuvre une transmission MIMO en mode de communication robuste, le mappage de la charge utile sur les ports Tx fait appel à la matrice de mappage "duplication" (*TPM 1*), définie au paragraphe 7.1.4.4.1.2, pour toutes les sous-porteuses de charge utile.

### 7.1.4.5 Modulateur OFDM

Un émetteur-récepteur MIMO comprend deux modulateurs OFDM, un pour chacun des deux ports Tx. Le modulateur OFDM d'un port Tx met en œuvre les fonctions suivantes: IDFT, déplacement cyclique, extension cyclique, fenêtrage, chevauchement et ajout, puis augmentation de fréquence. Le signal entrant dans le modulateur du *qième* port Tx au niveau du *lième* symbole OFDM dans la présente trame pour une sous-porteuse unique d'indice *i*, est représenté par la valeur complexe  $Z_{i,l}^{(q)}$  générée par le mappeur de ports Tx comme décrit au paragraphe 7.1.4.4 (pour les symboles d'en-tête et de charge utile), ou par le générateur de préambule comme décrit au paragraphe 7.1.4.6.3 (pour les symboles de préambule). Les échantillons générés par l'IDFT dans le domaine temporel ( $y_{n,l}^{(q)}$ ) sont soumis au décalage cyclique. Après décalage cyclique ( $x_{n,l}^{(q)}$ ) et ajout du préfixe cyclique ( $v_{n,l}^{(q)}$ ), les échantillons sont soumis à fenêtrage, chevauchement et ajout ( $u_n^{(q)}$ ), puis augmentés en fréquence de  $F_{US}$  pour produire  $s_n^{(q)}$ . Le schéma fonctionnel du modulateur OFDM est présenté à la Figure 7-10.



G.9963(11)\_F7-10

Figure 7-10 – Schéma fonctionnel du modulateur OFDM

Le schéma fonctionnel ci-dessus et les autres schémas figurant dans le présent paragraphe n'impliquent aucune mise en œuvre spécifique. Toutes les étapes du traitement du signal exécutées dans le modulateur doivent être conformes aux équations et aux descriptions textuelles.

#### 7.1.4.5.1 IDFT

L'IDFT convertit le flux entrant des  $N$  nombres complexes  $Z_{i,l}^{(q)}$  en flux de  $N$  échantillons complexes dans le domaine temporel ( $y_{n,l}^{(q)}$ ). Les valeurs entrantes représentent les  $N$  blocs de données mappés. Le *iième* bloc de données représente la valeur complexe  $Z_{i,l}^{(q)}$  de la *iième* sous-porteuse modulée du signal OFDM, où  $i = 0, 1, \dots, N - 1$  est l'indice de sous-porteuse et  $l$  est le numéro d'ordre du

symbole OFDM au sein de la trame actuelle, hors préambule, et  $q = 1$  ou  $2$  est l'indice du port Tx. La conversion est réalisée sur la base de l'équation suivante:

$$y_{n,l}^{(q)} = \sum_{i=0}^{N-1} \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot i \frac{n}{N}\right) \cdot Z_{i,l}^{(q)} \quad \text{pour } n = 0 \text{ to } N-1, \quad l = 0 \text{ à } M_F - 1, \quad q = 1, 2$$

$M_F$  désigne le nombre total de symboles OFDM dans la trame actuelle à l'exclusion des symboles du préambule.  $N$  représente le nombre maximal de sous-porteuses pouvant être modulées dans le spectre OFDM et prend la forme d'une puissance de 2:  $N = 2^k$ , où  $k$  est un entier. Pour toutes les sous-porteuses masquées, la valeur de  $Z_{i,l}^{(q)}$  est fixée à 0. Pour les sous-porteuses non masquées d'indice  $i < N$  qui ne sont pas chargées de bits de données, les valeurs correspondantes de  $Z_{i,l}^{(q)}$  sont générées conformément au paragraphe 7.1.4.2.5.

#### 7.1.4.5.2 Décalage cyclique

Le décalage cyclique décale de manière périodique les échantillons d'un symbole OFDM en sortie de l>IDFT,  $y_{n,l}^{(q)}$ , pour produire une version décalée de la séquence considérée,  $x_{n,l}^{(q)}$ . Le décalage dépend d'une part de l'indice du port Tx, et d'autre part du type de symbole (préambule, en-tête de trame PHY, ACE et charge utile). Il obéit à l'équation suivante:

$$x_{n,l}^{(q)} = y_{(n-CS_l^{(q)}) \bmod N, l}^{(q)} = \sum_{i=0}^{N-1} Z_{i,l}^{(q)} \times \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot i \frac{n - CS_l^{(q)}}{N}\right), \text{ pour } n = 0, 1, \dots, N-1 \text{ et } q = 1, 2.$$

où  $CS_l^{(q)}$  est le décalage cyclique appliqué pour le  $l$ ème symbole OFDM sur le  $q$ ème port Tx, dans le cas des lignes électriques. Le Tableau 7-17 présente les valeurs du décalage cyclique pour les deux ports Tx et les différents symboles OFDM.

**Tableau 7-17 – Valeurs du décalage cyclique pour les lignes électriques (OFB de profil 1)**

| Type de symbole                 | Nombre de sous-porteuses–(N) |        |         | Décalage cyclique pour le port Tx 1 ( $q = 1$ ) [échantillons] | Décalage cyclique pour le port Tx 2 ( $q = 2$ ) [échantillons] |
|---------------------------------|------------------------------|--------|---------|--|--|
|                                 | 25 MHz                       | 50 MHz | 100 MHz |  |  |
| Préambule                       | 128                          | 256    | 512     | 0  | $N/8$  |
| Signaux INUSE, PR, NACK et IDPS | 128                          | 256    | 512     | 0  | $N/8$  |
| En-tête                         | 1024                         | 2048   | 4096    | 0  | $N/64$   |
| Symbole ACE                     | 1024                         | 2048   | 4096    | 0  | $N/64$   |
| Charge utile                    | 1024                         | 2048   | 4096    | 0  | $N/64$   |

Dans le cas d'un câble téléphonique, aucun décalage cyclique n'est appliqué à aucun des deux ports Tx.

NOTE – Il n'est pas nécessaire d'appliquer un décalage cyclique dans le cas des câbles téléphoniques, car la diaphonie entre les deux paires de fils est faible par rapport au signal direct.

[L'emploi de la transmission MIMO sur une bande OFB de profil 2 doit faire l'objet d'une étude plus approfondie.](#)

#### 7.1.4.5.3 Extension cyclique

L'extension cyclique insère un intervalle de garde entre symboles OFDM adjacents, cet intervalle servant de protection contre les interférences intersymboles (ISI). Les symboles sur le port Tx  $N - 1$  et

le port Tx N 2 qui portent le même numéro (voir le paragraphe 7.1.4.5.1) utilisent la même valeur d'intervalle de garde (GI).

Dans le cas d'une modulation OFDM, le préfixe cyclique du  $l$ ème symbole OFDM sera mis en place en ajoutant les derniers échantillons  $N_{CP}(l)$  en sortie de l'IDFT au début de la sortie des  $N$  échantillons pour créer un symbole OFDM avec un chevauchement préalable, comme illustré à la Figure 7-11. L'ordre des échantillons dans le symbole est le suivant:

- le premier échantillon du symbole est l'échantillon de sortie du décalage cyclique  $N - N_{CP}(l)$ ;
- le dernier échantillon du préfixe cyclique est l'échantillon de sortie du décalage cyclique  $N - 1$ ; l'échantillon suivant est l'échantillon de sortie 0 du décalage cyclique.

Le  $l$ ème symbole OFDM avec chevauchement préalable se compose au total de  $N$  échantillons IDFT et  $N_{CP}(l)$  échantillons d'extension cyclique, soit:

$$N_w(l) = N + N_{CP}(l) \text{ [échantillons].}$$

À l'issue de l'extension cyclique décrite ci-avant, les échantillons du domaine temporel au point de référence,  $u_{n,l}^{(q)}$ , (voir Figure 7-23) doivent être conformes aux équations suivantes:

$$u_{n,l}^{(q)} = x_{n-N_{CP}(l),l}^{(q)} = \sum_{i=0}^{N-1} Z_{i,l}^{(q)} \times \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot i \frac{n - CS_i^{(q)} - N_{CP}(l)}{N}\right). \quad \text{pour } n = 0 \text{ à } N_w(l) - 1 = N + N_{CP}(l) - 1$$

Le nombre d'échantillons IDFT,  $N$ , et le nombre d'échantillons fenêtrés,  $\beta$ , doivent être les mêmes pour tous les symboles d'une même trame. La valeur de  $N_{CP}(l)$  et, en conséquence, la durée du symbole OFDM avec chevauchement préalable  $N_w(l)$ , peuvent varier de la façon suivante au fil de la trame:

- tous les symboles de l'en-tête ont la valeur  $N_{GI-HD} + \beta$  définie au paragraphe 7.1.4.7;
- les deux premiers symboles suivant l'en-tête ont la valeur par défaut  $N_{GI-DF} + \beta$  définie au paragraphe 7.1.4.7;
- tous les autres symboles de charge utile ont la même valeur  $N_{GI} + \beta$ ,  $N_{GI}$  étant choisi parmi les valeurs valables définies au paragraphe 7.1.4.7 et indiquées dans l'en-tête, comme décrit au paragraphe 7.1.2.1.

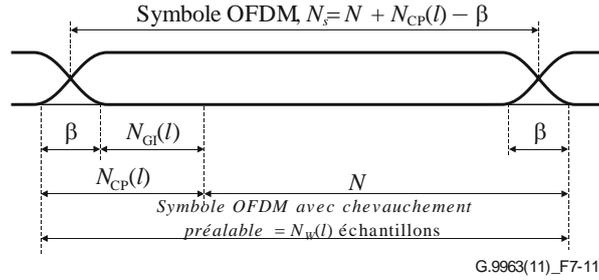
#### 7.1.4.5.4 Synchronisation des symboles

La trame PHY se compose d'un préambule et d'un nombre entier,  $M_F$ , de symboles OFDM. Le premier symbole qui suit le préambule (premier symbole de l'en-tête PFH) prend la valeur 0, et le dernier symbole de la trame prend la valeur  $M_F - 1$ . Le comptage de l'échantillon définit la position temporelle de chaque symbole dans la trame. Le comptage pour le premier échantillon du symbole qui revêt la valeur 0 est  $M(0) = N_{pr} - \beta$ , où  $N_{pr}$  est le nombre d'échantillons dans le préambule. Le comptage pour le premier échantillon du  $l$ ème symbole ( $l = 1, 2, \dots, M_F - 1$ ) dans la trame est:

$$M(l) = N_{pr} - \beta + \sum_{k=0}^{l-1} N_S(k)$$

où  $N_S(k) = N + N_{CP}(k) - \beta$  et peut être différents pour les symboles d'en-tête et de charge utile, comme décrit au paragraphe 7.1.4.7.

### 7.1.4.5.5 Fenêtrage, chevauchement et ajout



**Figure 7-11 – Structure d'un symbole OFDM après extension cyclique et fenêtrage avec chevauchement**

Les  $\beta$  premiers échantillons du préfixe cyclique et les  $\beta$  derniers échantillons de la sortie de décalage cyclique servent à façonner l'enveloppe du signal émis (fenêtrage). La fonction de fenêtre facilite la mise en forme de la densité spectrale de puissance (PSD) en autorisant d'importantes coupures au niveau de la PSD et en diminuant la PSD hors bande. Le nombre d'échantillons fenêtrés,  $\beta$ , est le même pour tous les symboles de charge utile de la même trame, ainsi que pour l'en-tête de la trame PHY et le préambule.

Pour réduire la charge placée dans l'en-tête, les échantillons fenêtrés de symboles adjacents se chevauchent, comme le montre la Figure 7-11. La valeur de  $N_{CP}(l) - \beta = N_{GL}(l)$  constitue l'intervalle de garde. La durée du *lième* symbole OFDM après chevauchement est donc  $N_S(l) = N + N_{CP}(l) - \beta$ .

Après fenêtrage, chevauchement et ajout, les échantillons du domaine temporel au point de référence  $u_n^{(q)}$  (voir Figure 7-10) sont conformes aux équations suivantes:

$$u_n^{(q)} = u_n^{(pr,q)} + \sum_{l=0}^{M_F-1} w(n - M(l), l) \times u_{n-M(l),l}^{(q)} \quad \text{pour } n = 0 \text{ à } M(M_F - 1) + N_W(M_F - 1) - 1,$$

où  $u_n^{(pr,q)}$  est le *nième* échantillon du préambule du *qième* port Tx, comme défini au paragraphe 7.1.4.6 (le signal  $u_n^{(pr,q)}$  incluant déjà un fenêtrage, le cas échéant), et  $w(n, l)$  est la fonction de fenêtrage sur  $N_W(l)$  échantillons du symbole OFDM avec chevauchement préalable, définie ci-dessous:

$$w(n, l) = \begin{cases} w_\beta(n) & 0 \leq n < \beta \\ 1 & \beta \leq n < N_W(l) - \beta \\ w_\beta(N_W(l) - 1 - n) & N_W(l) - \beta \leq n < N_W(l) \\ 0 & \text{dans les autres cas} \end{cases},$$

La fonction  $w_\beta(n)$  définit la zone coupée de la fenêtre. Bien que laissée à l'appréciation du fabricant, elle respecte les règles suivantes:

- $w_\beta(n) + w_\beta(\beta - n - 1) = 1$  pour  $0 \leq n < \beta$ .
- $0 \leq w_\beta(n) \leq 1$ .

Le débit de symboles  $f_{OFDM}$  (nombre de symboles par seconde) et la période de symbole  $T_{OFDM}$  pour des valeurs  $N_{CP}$  et  $\beta$  données sont respectivement calculés comme suit:

$$f_{OFDM} = \frac{N \times F_{SC}}{N + N_{CP} - \beta},$$

et  $T_{OFDM} = 1/f_{OFDM}$ .

### 7.1.4.5.6 Augmentation de fréquence

L'augmentation de fréquence compense le spectre du signal émis en le relevant de  $F_{US}$ . La valeur  $F_{US}$  est un multiple de la fréquence de la sous-porteuse  $F_{SC}$ :

$$F_{US} = N/2 * F_{SC}$$

Les composantes réelles et imaginaires du signal après augmentation de la fréquence (point de référence  $s_n^{(q)}$  dans la Figure 7-10) sont les suivantes:

$$s_n^{(q)} = u_{n/p}^{(q)} \times \exp\left(j \frac{\pi n}{p}\right) = \text{Re}(s_n^{(q)}) + j \text{Im}(s_n^{(q)}) \quad \text{pour } n = 0 \text{ à } [M(M_F - 1) + N_W(M_F - 1)] \times p - 1;$$

$$\text{Re}(s_n^{(q)}) = \text{Re}(u_{n/p}^{(q)}) \cos\left(\frac{\pi n}{p}\right) - \text{Im}(u_{n/p}^{(q)}) \sin\left(\frac{\pi n}{p}\right)$$

$$\text{Im}(s_n^{(q)}) = \text{Re}(u_{n/p}^{(q)}) \sin\left(\frac{\pi n}{p}\right) + \text{Im}(u_{n/p}^{(q)}) \cos\left(\frac{\pi n}{p}\right)$$

où  $u_{n/p}^{(q)}$  résulte de l'interpolation de  $u_n^{(q)}$  et du facteur  $p$ . Le facteur d'interpolation  $p$ , laissé à l'appréciation du fabricant, est supérieur ou égal à 2.

NOTE 1 – La valeur minimale de  $p$  permettant d'éviter les distorsions est fonction du rapport entre la fréquence supérieure  $F_{US}$  et la largeur de bande du signal émis  $BW = N * F_{SC}$ . Un filtre passe-bas adéquat est normalement inclus pour réduire la visualisation.

NOTE 2 – La phase d'augmentation de fréquence devrait être initialisée à zéro pour le premier échantillon du préambule et incrémentée de  $\frac{\pi}{p}$  à chaque échantillon (après interpolation).

### 7.1.4.5.7 Signal de sortie

Le signal de sortie du modulateur est la composante réelle de  $s_n^{(q)}$ :

$$S_{\text{OUT-HF}}^{(q)} = \text{Re}(s_n^{(q)}).$$

## 7.1.4.6 Préambule et signaux INUSE, PR, NACK et IDPS

### 7.1.4.6.1 Structure générale du préambule

Voir le paragraphe 7.1.4.5.1 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

### 7.1.4.6.2 Structure générale des signaux INUSE, PR, NACK et IDPS

Voir le paragraphe 7.1.4.5.2 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

### 7.1.4.6.3 Génération du préambule et des signaux INUSE, PR, NACK et IDPS

Voir le paragraphe 7.1.4.5.3 de la Recommandation [UIT-T G.9960] et ses sous-paragraphes. Lorsqu'un nœud [UIT-T G.9963] met en œuvre une transmission MIMO, le préambule et les signaux INUSE, PR, NACK et IDPS sont créés sous la forme d'un flux spatial unique. Dans ce cas, le mappage des ports Tx applique la matrice de mappage "duplication" ( $TPM$  1), définie au paragraphe 7.1.4.4.1.2, à toutes les sous-porteuses du signal.

### 7.1.4.7 Paramètres de commande de sous-couche PMD

Voir le paragraphe 7.1.4.6 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

### 7.1.4.8 Accroissement de puissance des symboles

Voir le paragraphe 7.1.4.7 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

### **7.1.5 Gabarit PSD en émission**

Voir le paragraphe 7.1.5 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

### **7.1.6 Spécifications électriques**

Voir le paragraphe 7.1.6 de [UIT-T G.9960].

## **7.2 Spécification dépendante du support**

### **7.2.1 Spécification de la couche physique**

Voir le paragraphe 7.2.1 de la Recommandation [UIT-T G.9960] et le paragraphe 6.1 de la Recommandation [UIT-T G.9964] pour les câbles téléphoniques.

Voir le paragraphe 7.2.2 de la Recommandation [UIT-T G.9960] et le paragraphe 6.2 de la Recommandation [UIT-T G.9964] pour les lignes électriques.

### **7.2.2 Exigences en matière d'EVM pour l'émetteur**

Voir le paragraphe 7.2.4 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

### **7.2.3 Impédance de terminaison**

Voir le paragraphe 6.4 de la Recommandation [UIT-T G.9964].

### **7.2.4 Puissance d'émission totale**

Voir le paragraphe 6.5 de [UIT-T G.9964].

### **7.2.5 Impédance d'entrée du récepteur**

Voir le paragraphe 6.6 de [UIT-T G.9964].

### **7.2.6 Perte de conversion longitudinale**

Voir le paragraphe 7.2.8 de la Recommandation [UIT-T G.9960].

## **8 Spécification de la couche liaison de données de l'émetteur-récepteur MIMO**

### **8.1 Modèle fonctionnel et formats de trame**

Voir le paragraphe 8.1 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

### **8.2 Accès au support contrôlé par plan MAP**

Voir le paragraphe 8.2 de [UIT-T G.9961].

### **8.3 Opportunités de transmission (TXOP) et intervalles de temps (TS)**

Voir le paragraphe 8.3 de [UIT-T G.9961].

### **8.4 Paramètres de commande pour APC, LLC et MAC**

Voir le paragraphe 8.4 de la Recommandation [UIT-T G.9961], en tenant compte des exceptions ci-après pour la bande de base sur câble électrique et câble téléphonique:

- Pour les transmissions sur deux flux spatiaux (MIMO\_IND = 1), le champ MIN\_SYM\_VAR\_AIFG DEFAULT est défini sur 3.
- Pour les transmissions sur un flux spatial, le champ MIN\_SYM\_VAR\_AIFG DEFAULT est défini sur 2.

## 8.5 Fonctions du nœud d'extrémité

Voir le paragraphe 8.5 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

## 8.6 Capacités fonctionnelles du nœud maître de domaine

Voir le paragraphe 8.6 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

### 8.6.1 Admission au réseau

Voir le paragraphe 8.6.1 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

#### 8.6.1.1 Protocole d'admission au réseau

Voir le paragraphe 8.6.1.1.4.1 de la Recommandation [UIT-T G.9961], en remplaçant les références aux Tableaux 8-16.8 par le Tableau 8-0 ci-après.

**Table 8-0 – Prise en charge de la compression des longueurs de plage**

| Champ            | Octet | Bits  | Description  |
|------------------|-------|-------|--|
| Compression BAT  | 0     | [0]   | Voir le Tableau 8-16.8 dans la Recommandation [UIT-T G.9961].  |
| Compression BMAT | 0     | [1]   | Une valeur de 1 indique que le nœud est capable de compresser et de décompresser les champs BMAT (BAT et paramètres de précodage) des messages MCE_ParamUpdate.req, en employant le mécanisme de compression des longueurs de plage décrit au paragraphe 8.23 de la Recommandation [UIT-T G.9963]. Dans le cas contraire cette valeur est définie sur zéro. Si ce bit est défini sur 1, le champ de compression BAT a également la valeur 1. |
| Réservé          | 0     | [7:2] | Voir le Tableau 8-16.8 dans la Recommandation [UIT-T G.9961].  |

#### 8.6.1.2 Admission par l'intermédiaire d'un proxy

Voir le paragraphe 8.6.1.2 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

#### 8.6.1.3 Tenue à jour des informations de domaine après admission du nœud

Outre les actions détaillées au paragraphe 8.6.1.3 de la Recommandation [UIT-T G.9961], lorsqu'un nouveau nœud est admis dans le domaine, le maître de domaine met à jour les informations MIMO associées à l'échelle du domaine afin de tenir compte des problèmes de rétrocompatibilité.

S'il est nécessaire d'actualiser certaines parties des informations du sous-champ d'information auxiliaire des informations de domaine dans le plan MAP en fonction des informations du nœud enregistré (voir le Tableau 8-16.1 de la Recommandation [UIT-T G.9961]), le DM envoie un plan MAP-A contenant un sous-champ d'information auxiliaire supplémentaire actualisé pour les informations de domaine MIMO. Le maître de domaine applique une actualisation fondée sur le compteur de validité (AUX\_VALID = 3 et ModificationFlag = 1).

Lorsque le nœud qui demande son enregistrement indique, dans les informations transmises lors de la demande, qu'il ne prend pas en charge une valeur de départ initiale définie par le maître de domaine (voir le paragraphe 7.1.4.2.6 dans la Recommandation [UIT-T G.9960]), ce dernier doit mettre à jour les champs UnloadedSubcarrierInitialSeedStream1 et UnloadedSubcarrierInitialSeedStream2 du sous-champ supplémentaire d'information auxiliaire d'informations de domaine MIMO, en leur attribuant la valeur par défaut.

## 8.6.2 Gestion de la largeur de bande

Voir le paragraphe 8.6.2 de [UIT-T G.9961].

### **8.6.3 Synchronisation sur une source externe**

Voir le paragraphe 8.6.3 de [UIT-T G.9961].

### **8.6.4 Gestion du routage et de la topologie**

Voir le paragraphe 8.6.4 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

### **8.6.5 Maître de domaine de secours**

Voir le paragraphe 8.6.5 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

### **8.6.6 Choix du maître de domaine**

Voir le paragraphe 8.6.6 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

## **8.7 Système d'adressage**

Voir le paragraphe 8.7 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

## **8.8 Trame de plan d'accès au support (MAP)**

Voir le paragraphe 8.8 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

### **8.8.1 Génération et distribution du plan MAP**

Voir le paragraphe 8.8.1 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

### **8.8.2 Transmission de trame MAP**

Voir le paragraphe 8.8.2 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

### **8.8.3 En-tête MAP**

Voir le paragraphe 8.8.3 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

### **8.8.4 Descripteur TXOP**

Voir le paragraphe 8.8.4 de la Recommandation [UIT-T G.9961] et tous ses sous-paragraphe.

### **8.8.5 Champ d'information auxiliaire**

Voir le paragraphe 8.8.5 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

Le Tableau 8-1 présente en complément les types additionnels de sous-champs d'information auxiliaire, valables pour les nœuds MIMO.

**Tableau 8-1 – Types de sous-champs d'information auxiliaire**

| <b>Type</b>                                    | <b>Valeur</b>    | <b>Description</b>   |
|--|------------------|--|
| Information supplémentaire sur le domaine MIMO | 11 <sub>16</sub> | Sous-champ fournissant une information supplémentaire sur le domaine MIMO. Voir le paragraphe 8.8.7. |

### **8.8.6 Publication de la persistance du plan MAP**

Voir le paragraphe 8.8.6 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

### **8.8.7 Sous-champ d'information supplémentaire sur le domaine MIMO**

Le sous-champ Domain Info, d'une longueur de huit octets, respecte le format décrit au Tableau 8-2.

**Tableau 8-2 – Format du sous-champ d'information supplémentaire sur le domaine MIMO**

| Champ  | Octet | Bits    | Description  |
|--|-------|---------|--|
| Type   | 0     | [6:0]   | Défini sur 11 <sub>16</sub> .  |
| ModificationFlag   |       | [7]     | Ce fanion doit avoir la valeur 1.  |
| Length   | 1     | [7:0]   | Défini sur la longueur en octets du sous-champ d'information de domaine MIMO (à l'exception de Type, ModificationFlag et Length). <a href="#">Voir le Tableau 8-72 de la Recommandation [UIT-T G.9961]</a> . |
| UnloadedSubcarrierInitialSeedStream1   | 2 à 5 | [22:0]  | Valeur de départ générée par le DM et utilisée pendant la modulation des sous-porteuses gérées non chargées pour le flux spatial 1 (voir le paragraphe 7.1.4.2.5).   |
| Réservé  |       | [31:23] | Réservé par l'UIT-T (Note).  |
| UnloadedSubcarrierInitialSeedStream2   | 6 à 9 | [22:0]  | Valeur de départ générée par le DM et utilisée pendant la modulation des sous-porteuses gérées non chargées pour le flux spatial 2 (voir le paragraphe 7.1.4.2.5).   |
| Réservé  |       | [31:23] | Réservé par l'UIT-T (Note).  |
| NOTE – Les bits qui sont réservés par l'UIT-T doivent être mis à zéro par l'émetteur et ne pas être pris en compte par le récepteur. |       |         |  |

## 8.9 Protocole de retransmission et d'accusé de réception

Voir le paragraphe 8.9 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

## 8.10 Format des messages de gestion et de commande

### 8.10.1 Format des messages de gestion

Voir le paragraphe 8.10.1 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

#### 8.10.1.1 OPCODE des messages de gestion

Les OPCODE des messages de gestion se présentent sous la forme d'entiers non signés de 12 bits. Le Tableau 8-3 ci-après et le Tableau 8-88 de la Recommandation [UIT-T G.9961] présentent les valeurs admissibles pour les OPCODE. On classe les OPCODE, habituellement suivant le protocole ou la procédure associés, en fonction de la valeur de leurs huit bits de plus fort poids.

**Tableau 8-3 – OPCODE des messages de gestion**

| Catégorie                          | Nom du message          | OPCODE (hex) | Description   | Référence MMPL |
|------------------------------------|-------------------------|--------------|---|----------------|
| Estimation de canal MIMO (80X-89X) | MCE_ProbeSlotAssign.req | 800          | Demande d'attribution de largeur de bande pour l'estimation de canal MIMO | § 8.11.7.1     |

**Tableau 8-3 – OPCODE des messages de gestion**

| <b>Catégorie</b> | <b>Nom du message</b>      | <b>OPCODE<br/>(hex)</b> | <b>Description</b>  | <b>Référence<br/>MMPL</b> |
|------------------|----------------------------|-------------------------|---|---------------------------|
|                  | MCE_ProbeSlotRelease.req   | 801                     | Demande de libération de largeur de bande suite à l'estimation de canal MIMO      | § 8.11.7.2                |
|                  | MCE_ParamUpdate.req        | 802                     | Demande d'actualisation de paramètres d'estimation de canal MIMO                  | § 8.11.7.3                |
|                  | MCE_ParamUpdateRequest.ind | 803                     | Demande d'actualisation d'un paramètre d'estimation de canal MIMO                 | § 8.11.7.4                |
|                  | MCE_PartialBmatUpdate.req  | 804                     | Demande d'actualisation partielle de table BMAT                                   | § 8.11.7.5                |
|                  | MCE_ACESymbols.ind         | 805                     | Demande de rattachement de symbole ACE  | § 8.11.7.6                |
|                  | MCE_ProbeSlotAssign.cnf    | 806                     | Confirmation d'attribution de largeur de bande pour l'estimation de canal MIMO    | § 8.11.7.7                |
|                  | MCE_ProbeSlotRelease.cnf   | 807                     | Confirmation de libération de largeur de bande suite à l'estimation de canal MIMO | § 8.11.7.8                |
|                  | MCE_ParamUpdate.cnf        | 808                     | Confirmation d'actualisation de paramètres d'estimation de canal MIMO             | § 8.11.7.9                |
|                  | MCE_PartialBmatUpdate.cnf  | 809                     | Confirmation d'actualisation partielle de table BMAT                              | § 8.11.7.10               |
|                  | MCE_Request.ind            | 80 A                    | Déclenchement d'estimation de canal MIMO  | § 8.11.7.11               |
|                  | MCE_Initiation.req         | 80B                     | Demande d'initiation d'estimation de canal MIMO                                   | § 8.11.7.12               |

**Tableau 8-3 – OPCODE des messages de gestion**

| Catégorie | Nom du message         | OPCODE (hex) | Description  | Référence MMPL |
|-----------|------------------------|--------------|--|----------------|
|           | MCE_Initiation.cnf     | 80C          | Confirmation d'initiation d'estimation de canal MIMO | § 8.11.7.13    |
|           | MCE_ProbeRequest.ind   | 80D          | Demande d'émission de trame PROBE                    | § 8.11.7.14    |
|           | MCE_Cancellation.req   | 80E          | Demande d'annulation d'estimation de canal MIMO      | § 8.11.7.15    |
|           | MCE_BmatIdMaintain.ind | 80F          | Tenue à jour d'identificateur BMAT                   | § 8.11.7.16    |
|           | MCE_Cancellation.cnf   | 810          | Confirmation d'annulation d'estimation de canal MIMO | § 8.11.7.17    |
| Réservé   | Réservé                | 820-9FF      | Réservé par l'UIT-T                                  |                |

### 8.10.1.2 Gestion des numéros d'ordre des messages et de la segmentation

Voir le paragraphe 8.10.1.2 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

### 8.10.2 Format des messages de commande

Voir le paragraphe 8.10.2 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

## 8.11 Protocole d'estimation de canal

Les nœuds UIT-T G.9963 appliquent le protocole d'estimation de canal défini au paragraphe 8.11 de la Recommandation [UIT-T G.9961] pour les liaisons aux nœuds [UIT-T G.9960/G.9961] et aux nœuds [UIT-T G.9963] qui utilisent un seul flux spatial.

Les nœuds UIT-T G.9963 appliquent le protocole d'estimation de canal défini au paragraphe 8.11.1 pour les liaisons aux nœuds [UIT-T G.9963] qui utilisent deux flux spatiaux.

### 8.11.1 Estimation de canal pour les émetteurs-récepteurs [UIT-T G.9963] utilisant deux flux spatiaux

Le protocole d'estimation de canal décrit la procédure consistant à mesurer les caractéristiques du canal entre le nœud émetteur (source) et le nœud récepteur (destination). Cette procédure comporte les étapes suivantes: initiation de l'estimation de canal, émission de trames PROBE et sélection des paramètres.

L'estimation de canal peut s'effectuer en deux temps:

- Découverte de canal – estimation de canal initiale.
- Adaptation de canal – estimation de canal ultérieure, en vue de s'adapter à un canal changeant

Les protocoles mis en œuvre pour la découverte et l'adaptation de canal peuvent être déclenchés par l'émetteur ou le récepteur. Le cœur du protocole d'estimation de canal est identique dans les deux cas,

et toujours à l'initiative du récepteur (estimation de canal initiée par le récepteur). L'émetteur peut demander au récepteur d'initier l'estimation de canal (estimation de canal demandée par l'émetteur).

Pendant le processus d'initiation, émetteur et récepteur déterminent conjointement les paramètres d'entrée de l'estimation de canal, par exemple la fenêtre d'estimation (partie d'un cycle MAC pendant laquelle doit se dérouler l'estimation de canal), la valeur de  $G$  (voir le paragraphe 7.1.4.2.3 de la Recommandation [UIT-T G.9960]), la valeur de  $PG$  (voir le paragraphe 7.1.4.4.2.3) et les paramètres de la trame PROBE. Le récepteur sélectionne le  $BMAT\_ID$  à mettre à jour; il correspond au triplet formé par les tables BAT associées aux deux flux spatiaux et par la table MAT (l'ensemble constituant la table BMAT). Ce  $BMAT\_ID$  sert d'identificateur pendant toute la durée d'un processus donné d'estimation de canal. Le récepteur tient compte de ses propres informations de fréquence (à savoir  $StartSubCarrier$  et  $StopSubCarrier$ ) et de celles de l'émetteur pendant le calcul de la table BMAT. Plus précisément, la plage de sous-porteuses de la table BMAT envoyée dans le message  $MCE\_ParamUpdate.req$  doit se situer à l'intersection des plages de sous-porteuses déterminées par les informations  $StartSubCarrier$  et  $StopSubCarrier$  du récepteur et de l'émetteur.

Une fois le processus d'estimation du canal initié, le récepteur peut demander à l'émetteur l'envoi d'une ou plusieurs trames PROBE. Le récepteur peut modifier les paramètres de trame PROBE à chaque demande. Si le récepteur requiert une trame PROBE sans en définir les paramètres (par exemple en demandant l'envoi d'une trame PROBE par le biais de  $ACK\_CE\_CTRL$  comme décrit au paragraphe 8.11.1.4), l'émetteur transmet la trame requise en lui appliquant les derniers paramètres sélectionnés par le récepteur. Le récepteur n'est pas tenu de demander des trames PROBE s'il choisit d'autres moyens tels que des trames MSG ou des trames PROBE transmises à d'autres nœuds pour estimer le canal.

Le récepteur termine le processus d'estimation du canal en envoyant le résultat de l'estimation à l'émetteur. Ce résultat peut entre autres comprendre les paramètres ci-après:

- les tables d'attribution des bits (BAT), une pour chacun des deux flux spatiaux possibles;
- un indicateur de mode MIMO (voir le Tableau 8-6);
- un indicateur de quantification de boucle arrière de précodage;
- les paramètres de précodage;
- le débit de codage FEC et la taille des blocs;
- l'intervalle de garde de la charge utile;
- la PSD plafond.

Le récepteur peut annuler une estimation de canal en cours sans générer de nouveaux paramètres d'estimation de canal.

Le protocole propose différentes options pour accélérer le processus d'estimation de canal, en vue d'adapter plus rapidement le canal. Il est ainsi possible, par exemple, d'omettre le processus d'estimation de canal (paragraphe 8.11.1.1.1) dans le cas d'une adaptation de canal ne nécessitant pas de nouvelle négociation des paramètres d'entrée. Le récepteur peut créer une nouvelle table BMAT en envoyant une demande  $MCE\_ParamUpdate.req$  spontanée (paragraphe 8.11.1.3.1) ou en actualisant la BMAT actuelle par le biais d'un message  $MCE\_PartialBmatUpdate.req$  (paragraphe 8.11.1.3.2). Le récepteur peut demander l'émission d'une trame PROBE sans passer par le processus d'initiation de l'estimation du canal (paragraphe 8.11.1.4).

#### **8.11.1.1 Estimation de canal initiée par le récepteur**

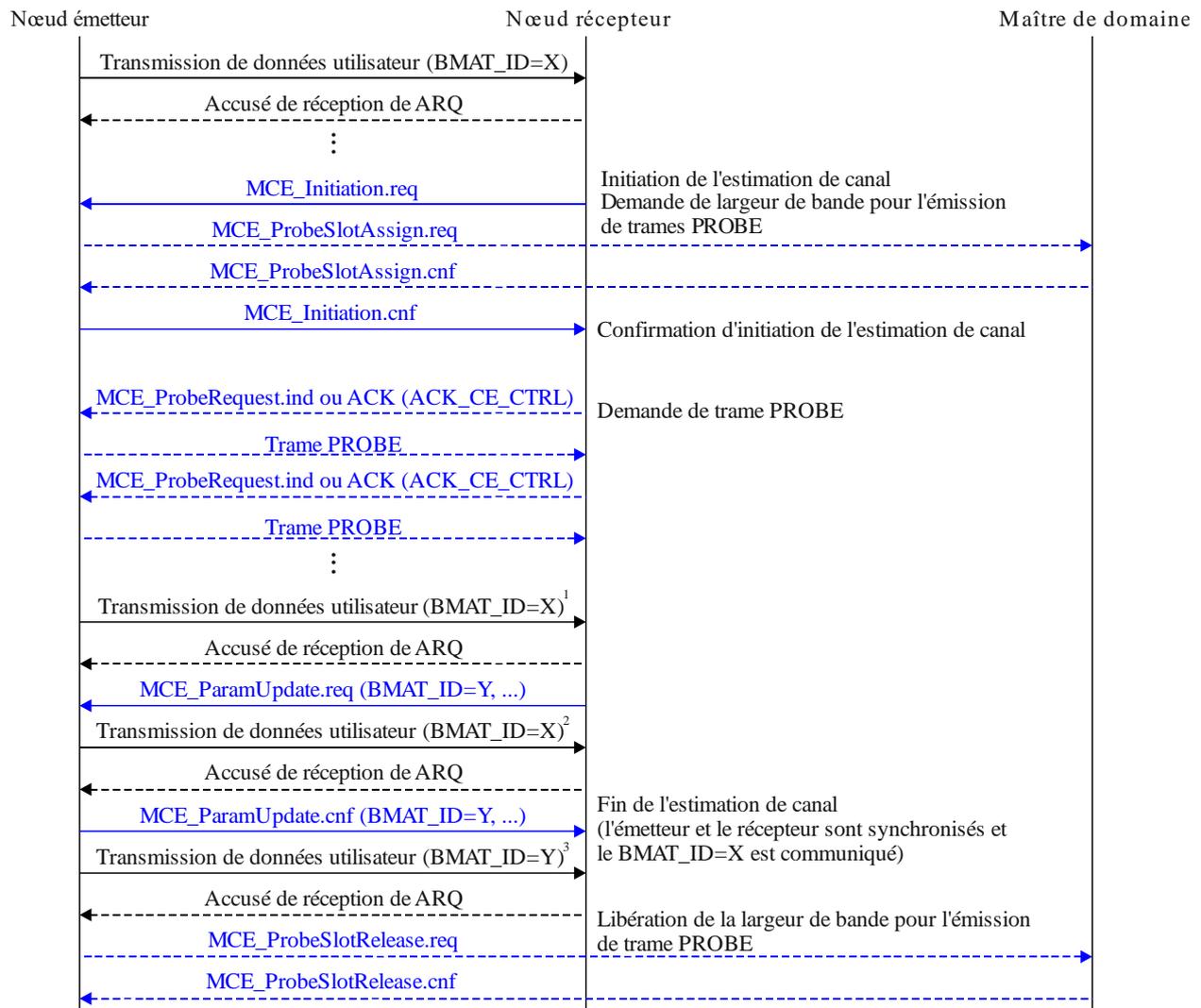
La procédure suivante décrit le processus d'estimation de canal initié par le récepteur:

- 1) Le récepteur initie l'estimation de canal en envoyant un message  $MCE\_Initiation.req$  à l'émetteur. Il peut demander l'émission d'une trame PROBE dans ce message (initiation d'estimation de canal, voir le paragraphe 8.11.1.1.1).

- 2) À réception de la demande, si l'émetteur ne dispose d'aucune opportunité de transmission pour une fenêtre donnée d'estimation de canal, il demande au maître du domaine l'attribution d'une largeur de bande pour l'émission de la trame PROBE, en lui envoyant un message MCE\_ProbeSlotAssign.req. Le maître de domaine confirme qu'il a bien reçu la demande en renvoyant un message MCE\_ProbeSlotAssign.cnf (réponse à la demande de largeur de bande, voir le paragraphe 8.11.1.1.2).
- 3) En fonction des disponibilités de largeur de bande, l'émetteur peut autoriser ou rejeter la demande d'initiation d'estimation de canal en envoyant au récepteur un message MCE\_Initiation.cnf (confirmation d'initiation d'estimation de canal, voir le paragraphe 8.11.1.1.3).
- 4) À réception du message MCE\_Initiation.cnf confirmant l'initiation de l'estimation de canal, le récepteur peut demander à recevoir des trames PROBE supplémentaires en envoyant à l'émetteur un message MCE\_ProbeRequest.ind ou en renseignant le champ ACK\_CE\_CTRL dans l'en-tête PFH d'une trame ACK (demande d'émission de trame PROBE, voir le paragraphe 8.11.1.1.4).
- 5) À réception de la demande d'émission de trame PROBE, l'émetteur envoie la trame PROBE demandée par le récepteur (émission de trame PROBE, voir le paragraphe 8.11.1.1.5).
- 6) Les étapes 4 et 5 peuvent être répétées jusqu'à ce que le récepteur transmette à l'émetteur le résultat final de l'estimation de canal dans un message MCE\_ParamUpdate.req. L'émetteur confirme la réception des nouveaux paramètres en envoyant un message MCE\_ParamUpdate.cnf (fin d'estimation de canal, voir le paragraphe 8.11.1.1.6). Les étapes 4 et 5 peuvent être omises si le récepteur n'a pas besoin de trames PROBE supplémentaires.
- 7) Le récepteur peut annuler le processus d'estimation de canal à tout moment une fois la confirmation d'initiation d'estimation de canal reçue; il envoie pour cela un message MCE\_Cancellation.req (annulation d'estimation de canal, voir le paragraphe 8.11.1.1.7).
- 8) À réception d'un message MCE\_ParamUpdate.req, si l'émetteur s'est vu allouer une largeur de bande supplémentaire pour l'envoi de la trame PROBE, il envoie un message MCE\_ProbeSlotRelease.req au maître de domaine pour libérer la largeur de bande ayant servi à l'émission de la trame PROBE. Le maître de domaine confirme la libération de la largeur de bande en renvoyant un message MCE\_ProbeSlotRelease.cnf message (demande de largeur de bande, voir le paragraphe 8.11.1.1.8).

À tout moment de la procédure, l'émetteur peut envoyer des trames de charge utile en utilisant les paramètres existants (table BMAT d'exécution valable ou prédéfinie).

Le processus d'estimation de canal initié par le récepteur est illustré à la Figure 8-1.



G.9963(11)\_F8-1

Les lignes en pointillé signalent des communications facultatives.

<sup>1</sup> L'émetteur peut transmettre des données avec la table BMAT existante à tout moment pendant l'estimation de canal.

<sup>2</sup> La 1ère transmission de données utilisateur après réception du message MCE\_ParamUpdate.req peut ne pas utiliser les paramètres d'estimation de canal mis à jour.

<sup>3</sup> L'émetteur décide quand appliquer les paramètres d'estimation de canal mis à jour dans le cadre d'une contrainte donnée.

**Figure 8-1 – Estimation de canal initiée par le récepteur**

### 8.11.1.1.1 Initiation de l'estimation de canal

Le récepteur initie l'opération d'estimation de canal par l'envoi d'un message MCE\_Initiation.req à l'émetteur.

Le récepteur sélectionne CE\_BAT\_GRP ( $G$ ), qui indique la valeur de GRP\_ID ( $G$ ) associée aux tables BAT à actualiser (lorsque deux flux spatiaux sont utilisés, le même groupement s'applique aux deux flux). Le récepteur doit aussi sélectionner CE\_PR\_GRP, qui indique la valeur du groupement de précodage ( $PG$ ) associé aux paramètres de précodage à actualiser. Le récepteur sélectionne CE\_STIME et CE\_ETIME, qui déterminent l'heure de début et l'heure de fin de la fenêtre d'estimation de canal, à l'intérieur de laquelle l'émetteur enverra des trames PROBE pendant toute la suite du processus d'estimation de canal. Le récepteur sélectionne un CE\_BMAT\_ID parmi les identificateurs actuellement non valables. Cette valeur permet de différencier plusieurs processus d'estimation de canal exécutés en même temps. Le récepteur peut demander l'envoi de trames PROBE en définissant le champ CE\_PRB\_RQST. Le champ MCE\_PRB\_PARM définit les paramètres de la trame PROBE par défaut. Si le champ CE\_PRB\_RQST a une valeur autre que 1, les paramètres de la trame PROBE par défaut sont les suivants: CE\_PR\_PRBTYPE = 1000<sub>2</sub>; CE\_PR\_PRBFN = 0000<sub>2</sub>;

CE\_PR\_PRBSYM = 0011<sub>2</sub>; CE\_PR\_PRBGI = 111<sub>2</sub>, CE\_PR\_APSD\_MAX = 31, CE\_PR\_APSD\_MAX\_EXT=0 et PRB\_BMAT\_ID = 11.

Le récepteur peut renvoyer un message MCE\_Initiation.req s'il ne reçoit pas le message MCE\_Initiation.cnf dans un délai de 200 ms.

#### **8.11.1.1.2 Demande de largeur de bande pour l'estimation de canal**

Si l'émetteur ne dispose d'aucune opportunité de transmission à l'intérieur d'une fenêtre donnée d'estimation de canal, il demande au maître du domaine l'attribution d'une largeur de bande pour l'émission de la trame PROBE, en lui envoyant un message MCE\_ProbeSlotAssign.req.

L'émetteur indique au maître de domaine les identificateurs d'estimation de canal (c'est-à-dire CE\_BMAT\_ID, Transmitter\_ID et Receiver\_ID) et la fenêtre d'estimation de canal (CE\_STIME et CE\_ETIME), ainsi que les paramètres de la trame PROBE (CE\_PRB\_PARM) indiqués dans le message MCE\_Initiation.req.

L'émetteur renseigne la priorité de la demande de largeur de bande dans le message MCE\_ProbeSlotAssign.req en sélectionnant dans le champ CE\_PRIORITY le niveau de priorité le plus élevé du trafic de données utilisateur qu'il doit transmettre au récepteur indiqué.

Le maître de domaine confirme la réception de la demande de largeur de bande en renvoyant un message MCE\_ProbeSlotAssign.cnf indiquant si la demande est acceptée ou non. Il envoie ce message à l'émetteur dans un délai de 100 ms à compter de la réception du message MCE\_ProbeSlotAssign.req.

Le maître de domaine alloue de préférence une largeur de bande suffisante pour permettre l'envoi d'au moins une trame PROBE répondant aux paramètres requis pendant la fenêtre d'estimation de canal. Les intervalles de temps ou opportunités de transmission supplémentaires servent ainsi uniquement pour l'émission de trames PROBE; voir le paragraphe 8.8.4.1.1 de la Recommandation [UIT-T G.9961]. Le maître de domaine met à disposition cette largeur de bande supplémentaire jusqu'à la réception d'une demande de libération de largeur de bande de la part de l'émetteur (voir le paragraphe 8.11.1.1.8).

En cas de non-réception du message MCE\_ProbeSlotAssign.cnf, l'émetteur peut renvoyer plusieurs fois le message MCE\_ProbeSlotAssign.req avant de transmettre la confirmation d'initiation d'estimation de canal.

#### **8.11.1.1.3 Confirmation d'initiation d'estimation de canal**

L'émetteur confirme l'initiation de l'estimation de canal par l'envoi d'un message MCE\_Initiation.cnf au récepteur.

L'émetteur indique également s'il accepte ou rejette la demande d'initiation d'estimation de canal. Il donne au champ CE\_BMAT\_ID la valeur choisie par le récepteur dans le message MCE\_Initiation.req. L'émetteur finalise CE\_BAT\_GRP, qui est égal au groupement indiqué par le récepteur dans sa demande d'initiation d'estimation de canal, et CE\_PG\_GRP, dont la valeur doit être supérieure ou égale au groupement indiqué par le récepteur dans sa demande d'initiation d'estimation de canal.

L'émetteur envoie en retour un message MCE\_Initiation.cnf dans un délai de 100 ms à compter de la réception du message MCE\_Initiation.req. S'il a besoin de demander la largeur de bande nécessaire à l'émission de la trame PROBE, l'émetteur envoie un message MCE\_Initiation.cnf dans un délai de 200 ms.

#### **8.11.1.1.4 Demande d'émission de trame PROBE**

Quand une demande d'initiation d'estimation de canal a été confirmée, le récepteur peut demander à recevoir des trames PROBE supplémentaires en envoyant un message MCE\_ProbeRequest.ind à l'émetteur.

Le champ CE\_PRB\_PARM de ce message lui permet d'indiquer les paramètres spécifiques pour ces trames PROBE additionnelles.

Le récepteur peut également demander l'envoi de trames PROBE par le biais du champ ACK\_CE\_CTRL de l'en-tête de trame PHY d'une trame ACK adressée au nœud émetteur (voir le paragraphe 8.11.1.4).

Le récepteur n'a pas nécessairement besoin de demander des trames PROBE s'il emploie d'autres trames de charge utile (par exemple MSG, BMSG, BACK) pour estimer le canal.

#### **8.11.1.1.5 Émission de trames PROBE**

À réception de la demande d'émission de trame PROBE, l'émetteur envoie les trames demandées dans le meilleur délai, comme décrit au paragraphe 8.11.1.4.

#### **8.11.1.1.6 Fin de l'estimation de canal**

Dès lors que la demande d'initiation d'estimation de canal a été confirmée, le récepteur peut envoyer à tout moment le résultat de l'estimation à l'émetteur par l'intermédiaire d'un message MCE\_ParamUpdate.req. L'émetteur confirme alors la réception des nouveaux paramètres par l'envoi d'un message MCE\_ParamUpdate.cnf dans un délai de 100 ms.

À réception du message MCE\_ParamUpdate.req, l'émetteur intègre sans délai les nouveaux paramètres d'estimation de canal (nouveaux BMAT, etc.).

Si l'émetteur ne reçoit aucun message relatif à l'estimation de canal (message MCE\_ProbeRequest.ind ou MCE\_ParamUpdate.req), ni aucune demande d'envoi de trame PROBE par le biais d'une trame ACK dans un délai de 200 ms après qu'il a confirmé la demande d'initiation d'estimation de canal, il peut renvoyer au récepteur un message MCE\_ParamUpdateRequest.ind pour demander à ce dernier de lui renvoyer le résultat de l'estimation de canal concernée.

En l'absence de réception d'un message MCE\_ParamUpdate.req ou MCE\_Cancellation.req dans les 400 ms suivant la confirmation de la demande d'initiation d'estimation de canal, l'émetteur abandonne le processus d'estimation de canal.

#### **8.11.1.1.7 Annulation de l'estimation de canal**

Dès lors que la demande d'initiation d'estimation de canal a été confirmée, le récepteur peut annuler à tout moment le processus d'estimation de canal au moyen du message MCE\_Cancellation.req. L'émetteur confirme la réception de la demande d'annulation dans un délai de 100 ms par l'envoi du message MCE\_Cancellation.cnf. En l'absence de réception du message MCE\_Cancellation.cnf sous 200 ms, le récepteur peut renvoyer une demande MCE\_Cancellation.req.

En l'absence de réception d'un message MCE\_ParamUpdate.cnf ou MCE\_Cancellation.cnf dans les 400 ms suivant la confirmation de la demande d'initiation d'estimation de canal, le récepteur peut abandonner le processus d'estimation de canal et considérer le CE\_BMAT\_ID comme non valable (voir le paragraphe 8.11.1.5).

Dans ce cas, l'estimation de canal se termine sans générer de nouvelle table BMAT (c'est-à-dire de nouvelles tables BAT et MAT).

#### **8.11.1.1.8 Libération de la largeur de bande utilisée pour l'estimation de canal**

À réception d'un message MCE\_ParamUpdate.req ou MCE\_Cancellation.req, l'émetteur demande au maître de domaine de libérer la largeur de bande qui avait éventuellement été allouée pour l'émission de la trame PROBE.

Il utilise pour cela le message MCE\_ProbeSlotRelease.req, dans lequel il indique au maître de domaine les identificateurs d'estimation de canal (c'est-à-dire CE\_BMAT\_ID, Transmitter\_ID et Receiver\_ID) et la fenêtre d'estimation de canal (CE\_STIME et CE\_ETIME) associés au processus d'estimation de canal.

Le maître de domaine confirme la réception de la demande de libération de largeur de bande dans un délai de 100 ms par l'envoi du message MCE\_ProbeSlotRelease.cnf. En l'absence de réception d'un message CE\_ProbeSlotRelease.req de l'émetteur dans un délai de 800 ms après qu'il a attribué la largeur de bande, le maître de domaine libère la largeur de bande allouée à l'émetteur pour l'envoi des trames PROBE. Le maître de domaine libère uniquement la largeur de bande supplémentaire attribuée à l'émetteur pour l'envoi des trames PROBE dans le cadre du processus identifié.

#### **8.11.1.2 Estimation de canal à la demande de l'émetteur**

La procédure suivante décrit le processus d'estimation de canal initié par l'émetteur:

- 1) L'émetteur demande une estimation de canal en envoyant un message MCE\_Request.ind au récepteur (demande d'estimation de canal, voir le paragraphe 8.11.1.2.1).
- 2) Le reste de la procédure est identique au processus décrit au paragraphe 8.11.1.1 (de l'étape 1 à l'étape 8).

À tout moment de la procédure, l'émetteur peut envoyer des trames contenant une charge utile avec les paramètres existants (par exemple en utilisant une table BMAT d'exécution ou prédéfinie en cours de validité).

##### **8.11.1.2.1 Demande d'estimation de canal**

L'émetteur déclenche le processus d'estimation de canal par l'envoi d'un message MCE\_Request.ind au récepteur.

Il peut indiquer dans un message MCE\_Initiation.req la fenêtre d'estimation de canal au moyen des champs CE\_STIME et CE\_ETIME, ce qui impose au récepteur d'utiliser la fenêtre d'estimation de canal ainsi définie. Dans le cas contraire, le récepteur peut déterminer la fenêtre d'estimation de canal à sa convenance.

Le récepteur répond à la demande MCE\_Request.ind dans un délai de 100 ms en renvoyant à l'émetteur un message MCE\_Initiation.req ou un message MCE\_ParamUpdate.req.

Si l'émetteur ne reçoit pas de message MCE\_Initiation.req ou MC\_ParamUpdate.req dans un délai de 200 ms après l'envoi d'une demande MCE\_Request.ind, il peut envoyer de nouveau le message de demande d'estimation de canal.

#### **8.11.1.3 Processus d'estimation de canal abrégés**

##### **8.11.1.3.1 Message MCE\_ParamUpdate.req spontané**

Un émetteur et un récepteur n'ont pas nécessairement besoin d'échanger des trames PROBE pour se communiquer une nouvelle table BMAT. Le récepteur peut envoyer à tout moment une nouvelle BMAT à l'émetteur par le biais d'un message MCE\_ParamUpdate.req, à condition que le BMAT\_ID ne soit pas valable au moment de l'envoi de la nouvelle table BMAT. Le récepteur peut utiliser les trames PROBE ou d'autres trames de charge utile (trames MSG, BMSG, BACK, par exemple) transmises à d'autres nœuds pour estimer le canal.

À réception d'une demande MCE\_ParamUpdate.req, l'émetteur répond en renvoyant un message MCE\_ParamUpdate.cnf dans un délai de 100 ms, pour indiquer s'il adopte la nouvelle table BMAT ou la rejette par manque de ressources.

Si le récepteur ne reçoit pas la confirmation MCE\_ParamUpdate.cnf sous 200 ms, il peut refaire une tentative en renvoyant le même message ou un message MCE\_ParamUpdate.req différent.

##### **8.11.1.3.2 Actualisation partielle de table BMAT**

L'émetteur et le récepteur qui communiquent entre eux en établissant une table BMAT d'exécution commune peuvent actualiser une partie de cette table à tout moment pendant son utilisation. Le

récepteur peut initier l'actualisation partielle de la table BMAT (PBMU, *partial BMAT update*) en envoyant les informations adéquates dans un message de gestion.

Le processus de mise à jour partielle de la table BMAT est le suivant:

- 1) À tout moment de la communication, le récepteur peut envoyer une demande de PBMU portant sur une table BMAT valable utilisée par l'émetteur. La demande de PBMU contient le nouvel identificateur BMAT\_ID valable (N\_BMAT\_ID), l'ancien BMAT\_ID (O\_BMAT\_ID) associé à la table BMAT à mettre à jour et les modifications en termes d'attribution des bits (voir le paragraphe 8.11.1.3.2.1).
- 2) À réception de la demande de PBMU, l'émetteur actualise la table BMAT associée à l'ancien O\_BMAT\_ID. Il attribue le nouveau N\_BMAT\_ID à la table concernée par la mise à jour et renvoie une confirmation de PBMU. Dès réception de la première trame de charge utile utilisant le nouveau N\_BMAT\_ID, le récepteur considère l'ancien O\_BMAT\_ID comme caduc (voir le paragraphe 8.11.1.5).
- 3) Le récepteur peut envoyer une nouvelle demande de PBMU après avoir vérifié que l'émetteur a pris en compte la précédente, ou s'il estime que celle-ci a été perdue.

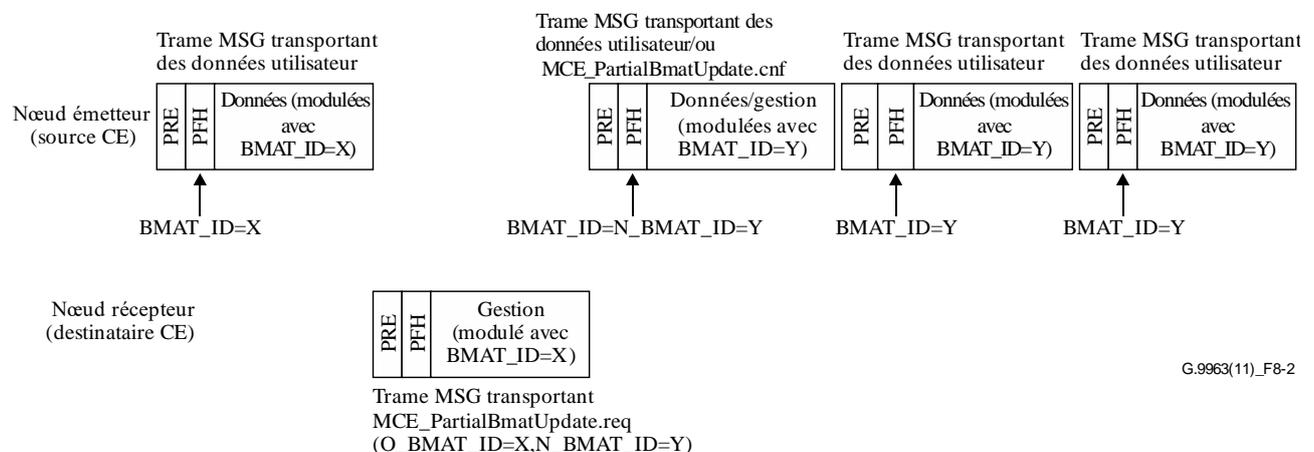
### 8.11.1.3.2.1 Demande de PBMU

Le récepteur peut envoyer la demande de PBMU au moyen du message MCE\_PartialBmatUpdate.req, dans lequel il peut demander des attributions de bits, des attributions de mappage des ports Tx et des modifications de paramètres de précodage pour un maximum de 1024 sous-porteuses. La Figure 8-2 présente un exemple d'actualisation partielle de table BAT réalisée de cette manière. On notera que l'accusé de réception est désactivé dans cet exemple.

Si le récepteur ne reçoit pas le message MCE\_PartialBmatUpdate.cnf dans un délai de 200 ms, il peut réessayer en renvoyant le même message ou un message MCE\_PartialBmatUpdate.req différent.

### 8.11.1.3.2.2 Confirmation de PBMU

À réception du message MCE\_PartialBmatUpdate.req, l'émetteur devrait intégrer dès que possible les nouveaux paramètres d'estimation de canal puis renvoyer, dans un délai de 100 ms, un message MCE\_PartialBmatUpdate.cnf confirmant la réception de la demande d'actualisation. Le récepteur considère que la demande de PBMU a été perdue si la confirmation PBMU n'est pas reçue dans les 200 ms qui suivent la transmission du message MCE\_PartialBmatUpdate.req. L'émetteur peut basculer vers le nouveau N\_BMAT\_ID avant d'envoyer le message MCE\_PartialBmatUpdate.cnf.



**Figure 8-2 – Exemple d'actualisation partielle de BMAT par messages de gestion**

### 8.11.1.4 Estimation de canal au moyen de trames PROBE

Le récepteur peut demander à l'émetteur l'envoi de trames PROBE à tout moment après l'enregistrement, sans passer par le processus d'initiation de l'estimation de canal.

Pour demander les trames PROBE, le récepteur peut utiliser les messages MCE\_ProbeRequest.ind ou le champ ACK\_CE\_CTRL dans l'en-tête PFH d'une trame ACK (voir le paragraphe 7.1.2.3.2.3.1). L'émetteur répond à une demande d'envoi de trame PROBE dans les plus brefs délais.

Si le récepteur demande une trame PROBE par l'intermédiaire d'un message de gestion spécifique, l'émetteur envoie la trame PROBE en utilisant les paramètres sélectionnés par le récepteur, c'est-à-dire les paramètres indiqués dans la dernière demande de transmission de trame PROBE (MCE\_ProbeRequest.ind) ou d'initiation d'estimation de canal (MCE\_Initiation.req).

Si le récepteur demande une trame PROBE par l'intermédiaire d'une trame ACK, l'émetteur utilise la trame PROBE par défaut. L'émetteur utilise la trame PROBE par défaut pour toutes les demandes de transmission de trames PROBE que le récepteur effectue par le biais de la trame ACK, quel que soit l'identificateur BAT\_ID. Dans ce cas, l'émetteur peut envoyer des trames PROBE à n'importe quel moment d'un cycle MAC, indépendamment de la fenêtre d'estimation de canal particulière associée au BMAT\_ID dans le cadre de l'estimation de canal.

Les paramètres de la trame PROBE par défaut sont déterminés par le récepteur au moyen par le biais du message MCE\_Initiation.req, comme décrit au paragraphe 8.11.2.1.1. Ils peuvent également être actualisés en définissant un bit dans le message MCE\_ProbeRequest.ind, comme décrit au Tableau 8-19.

Lorsqu'un émetteur reçoit, de la part d'un récepteur, une demande d'envoi de trame PROBE alors qu'il est en train de traiter des demandes précédentes de transmission de trame PROBE de la part du même récepteur, il ne tient pas compte de la nouvelle demande si les paramètres demandés sont les mêmes que les anciens, et ce quelle que soit la valeur du BMAT\_ID concernée par de l'estimation.

NOTE – L'émetteur s'efforce, dans la mesure du possible, d'utiliser la plus grande partie possible de la fenêtre d'estimation de canal lors de l'envoi de trames PROBE.

Lorsque le récepteur demande une trame PROBE par le biais de trames ACK, il peut répéter plusieurs fois sa demande en envoyant plusieurs trames ACK en définissant le champ ACK\_CE\_CTRL, jusqu'à réception de la trame PROBE. L'émetteur ne devrait pas tenir compte des nouvelles demandes de trame PROBE émanant du récepteur, pour éviter les envois non nécessaires de trames PROBE.

Lorsqu'il a reçu la trame PROBE, le récepteur peut renvoyer le résultat de l'estimation de canal à l'émetteur, qui pourrait en avoir besoin. Il utilise pour cela un message MCE\_ParamUpdate.req spontané (paragraphe 8.11.1.3.1) ou une actualisation partielle de table BMAT (paragraphe 8.11.1.3.2).

Il convient de considérer qu'une trame PROBE possède un niveau de priorité MPDU égal à 7.

#### **8.11.1.4.1 Estimation de canal au moyen de trames PROBE émises par un nœud sur demande du maître du domaine**

Étant donné que le maître du domaine (DM) est chargé de l'ordonnancement et qu'il connaît les itinéraires entre deux nœuds du domaine, il peut attribuer une opportunité de transmission CFTXOP spéciale à un nœud source unique et une priorité utilisateur minimale identifiée par le multiplet (SID, PRI) (voir le paragraphe 8.3.4 de la Recommandation [UIT-T G.9961]); la valeur de PRI est fixée par le DM à l'endroit où le nœud attribué doit transmettre les trames PROBE (en l'absence de données à transmettre). Les nœuds voisins peuvent ensuite utiliser cette CFTXOP pour estimer le rapport signal/bruit et mesurer le débit, deux informations qui peuvent être utiles à des fins diagnostiques. Il est ainsi possible de mesurer les rapports signal/bruit et le débit même sur les liaisons qui ne sont pas utilisées pour l'acheminement du trafic, et qui ne nécessitent pas de générer et d'échanger des tables BAT.

Le DM communique cette opportunité de transmission CFTXOP spéciale en définissant le champ "TXOP Limitations" du descripteur "Additional TXOP attributes" sur 2 (voir le Tableau 8-65.1 de la Recommandation [UIT-T G.9961]) et le champ "Traffic Limitation" du descripteur "TXOP attributes" sur 0 (voir le Tableau 8-65 de la Recommandation [UIT-T G.9961]).

Le DM peut attribuer une largeur de bande à des nœuds spécifiques (sous la forme d'opportunités de transmission spéciales pour les transmissions de sonde, voir le paragraphe 8.8.4.1.1 de la Recommandation [UIT-T G.9961]) afin qu'au moins une trame PROBE utilisant les paramètres par défaut puisse être transmise pendant la fenêtre d'estimation du canal en question. Ces opportunités de transmission spéciales servent à l'envoi de trames PROBE, sauf si le nœud auquel elles ont été attribuées dispose de données à transmettre. En résumé, le nœud auquel est attribuée l'opportunité de transmission spéciale:

- transmet le trafic régulier de données pendant cette opportunité de transmission, s'il possède des données à transmettre, ou
- transmet des trames PROBE dans le cas contraire.

Les trames PROBE sont transmises au niveau de puissance maximal que le nœud utilise pour la transmission des données. Le DID dans l'en-tête de trame PHY de la trame PROBE est défini sur FF<sub>16</sub>.

#### **8.11.1.5 Tenue à jour du BMAT\_ID**

Le récepteur effectue le suivi de la liste des BMAT\_ID valables et non valables. Il indique à l'émetteur les BMAT\_ID valables dans le champ VALID\_BMAT\_ID du message MCE\_BmatIdMaintain.ind. L'émetteur cesse dès que possible d'utiliser les BMAT\_ID indiqués comme non valables par le récepteur. Si aucun BMAT\_ID n'est valable, l'émetteur peut utiliser le mode RCM. Il devrait utiliser dans ce cas les paramètres indiqués dans le message MCE\_BmatIdMaintain.ind.

Si un BMAT\_ID est indiqué comme valable par le récepteur mais que l'émetteur ne dispose pas de la table BMAT (BAT et MAT) associée, ce qui peut se produire si l'émetteur ne reçoit pas le message MCE\_ParamUpdate.req, il renvoie au récepteur un message MCE\_ParamUpdateRequest.ind pour recevoir la table BMAT.

Le récepteur peut indiquer à l'émetteur de cesser d'utiliser un BMAT\_ID au moyen du champ ACK\_CE\_CTRL de la trame ACK (voir le paragraphe 7.1.2.3.2.3.1). L'émetteur considère alors le BMAT\_ID concerné comme non valable.

Le récepteur peut invalider un identificateur BMAT\_ID dans le cadre d'un processus d'annulation d'estimation de canal (voir le paragraphe 8.11.1.1.7).

#### **8.11.1.6 Insertion de symbole ACE**

Les transmissions MIMO de trames PHY de type MSG, BMSG et BACK, dont la charge utile est destinée à des récepteurs [UIT-T G.9963] (cas 4a du Tableau 7-1, signalé par la valeur 1 du fanion MIMO\_IND dans l'en-tête PFH) et les transmissions MIMO de trames PROBE (PRBTYPE 1000<sub>2</sub>) intègrent toujours au moins un symbole ACE dans la trame émise. Il est possible dans ce cas d'ajouter jusqu'à six symboles ACE supplémentaires au symbole ACE obligatoire. Dans tous les autres cas de transmissions MIMO, qui font intervenir une charge utile (cas 4b, 5 et 6 du Tableau 7-1), il est possible d'ajouter jusqu'à sept symboles ACE.

Le récepteur peut demander à l'émetteur d'ajouter jusqu'à sept symboles ACE (voir paragraphe 7.1.2.1) à tout moment après l'enregistrement. Il envoie pour cela un message MCE\_ACESymbols.ind pour le cas 4a du Tableau 7-1 (signalé par la valeur 1 du fanion MIMO\_IND dans l'en-tête PFH) et un message CE\_ACESymbols.ind pour les cas 4b, 5 et 6 du Tableau 7-1. L'émetteur ajoute, dans un délai de 100 ms après la réception de la demande, les symboles ACE requis dans toutes les trames à destination du récepteur qui sont autorisées à transporter des symboles ACE. Le récepteur peut utiliser la même procédure pour modifier le nombre de symboles ACE.

#### **8.11.1.7 Format des messages de gestion pour l'estimation de canal**

##### **8.11.1.7.1 Format de MCE\_ProbeSlotAssign.req**

La liste des paramètres (MMPL) du message MCE\_ProbeSlotAssign.req se présente sous le format défini au Tableau 8-4.

**Tableau 8-4 – Format de la liste MMPL du message MCE\_ProbeSlotAssign.req**

| Champ  | Octet | Bits   | Description   |
|--|-------|--------|---|
| ID de l'émetteur   | 0     | [7:0]  | DEVICE_ID du nœud demandant une attribution de largeur de bande pour l'envoi de trames PROBE.   |
| ID du récepteur  | 1     | [7:0]  | DEVICE_ID du nœud récepteur dans la procédure d'estimation de canal.  |
| CE_BMAT_ID   | 2     | [4:0]  | Ce champ indique le BMAT_ID associé à la table BMAT d'exécution mise à jour par l'estimation de canal. Son format respecte les prescriptions du Tableau 7-3.          |
| Réservé  |       | [7:5]  | Réservé par l'UIT-T (Note).   |
| CE_STIME   | 3     | [7:0]  | Ce champ indique l'heure à laquelle l'émetteur peut commencer l'envoi de trames PROBE. Il est codé comme indiqué au Tableau 8-98 de la Recommandation [UIT-T G.9961]. |
| CE_ETIME   | 4     | [7:0]  | Ce champ indique l'heure à laquelle l'émetteur doit arrêter l'envoi de trames PROBE. Il est codé comme indiqué au Tableau 8-99 de la Recommandation [UIT-T G.9961].   |
| CE_PRB_PARM  | 5 à 9 | [39:0] | Ce champ détermine un jeu de paramètres pour la trame PROBE. Il est codé comme indiqué au Tableau 8-23.   |
| CE_PRIORITY  | 10    | [2:0]  | Ce champ définit la priorité d'utilisateur la plus élevée pour le trafic que doit transmettre l'émetteur au récepteur identifié.                                      |
| Réservé  |       | [7:3]  | Réservé par l'UIT-T (Note).   |
| NOTE – Les bits qui sont réservés par l'UIT-T doivent être mis à zéro par l'émetteur et ne pas être pris en compte par le récepteur. |       |        |   |

#### 8.11.1.7.2 Format de MCE\_ProbeSlotRelease.req

La liste MMPL du message MCE\_ProbeSlotRelease.req se présente sous le format défini au Tableau 8-5.

**Tableau 8-5 – Format de la liste MMPL du message MCE\_ProbeSlotRelease.req**

| Champ            | Octet | Bits  | Description   |
|------------------|-------|-------|---|
| ID de l'émetteur | 0     | [7:0] | DEVICE_ID du nœud demandant une attribution de largeur de bande pour l'envoi de trames PROBE.   |
| ID du récepteur  | 1     | [7:0] | DEVICE_ID du récepteur à l'origine de l'estimation de canal.  |
| CE_BMAT_ID       | 2     | [4:0] | Ce champ indique le BMAT_ID associé à la table BMAT d'exécution mise à jour par l'estimation de canal. Son format respecte les prescriptions du Tableau 7-3.          |
| Réservé          |       | [7:5] | Réservé par l'UIT-T (Note).   |
| CE_STIME         | 3     | [7:0] | Ce champ indique l'heure à laquelle l'émetteur peut commencer l'envoi de trames PROBE. Il est codé comme indiqué au Tableau 8-98 de la Recommandation [UIT-T G.9961]. |

**Tableau 8-5 – Format de la liste MMPL du message MCE\_ProbeSlotRelease.req**

| Champ  | Octet | Bits  | Description   |
|--|-------|-------|---|
| CE_ETIME   | 4     | [7:0] | Ce champ indique l'heure à laquelle l'émetteur doit arrêter l'envoi de trames PROBE. Il est codé comme indiqué au Tableau 8-99 de la Recommandation [UIT-T G.9961]. |
| NOTE – Les bits qui sont réservés par l'UIT-T doivent être mis à zéro par l'émetteur et ne pas être pris en compte par le récepteur. |       |       |   |

### 8.11.1.7.3 Format de MCE\_ParamUpdate.req

La liste MMPL du message MCE\_ParamUpdate.req se présente sous le format défini au Tableau 8-6.

**Tableau 8-6 – Format de la liste MMPL du message MCE\_ParamUpdate.req**

| Champ   | Octet  | Bits    | Description   |
|---|--------|---------|---|
| Nouveau BMAT_ID   | 0 et 1 | [4:0]   | Ce champ indique le BMAT_ID associé à une nouvelle table BMAT (CE_BMAT_ID). Son format respecte les prescriptions du Tableau 7-3.   |
| Gamme de fréquences                                       |        | [7:5]   | Ce champ indique le type de gamme de fréquences sur la base de laquelle seront définies les entrées suivantes dans la table BAT. Son format respecte les prescriptions du Tableau 7-10 de la Recommandation [UIT-T G.9960].   |
| CE_BAT_GRP  |        | [10:8]  | Ce champ indique le groupement BAT ( <i>G</i> ) associé aux nouvelles tables BAT. Il est déterminé au moment de la confirmation d'initiation de l'estimation de canal. Son format respecte les prescriptions du Tableau 8-7.  |
| Indicateur de mode MIMO                                   |        | [12:11] | Ce champ indique le mode MIMO employé, pour le BMAT_ID associé à la nouvelle table BMAT (CE_BMAT_ID) (Note 10):<br>0 – Mode 0<br>1 – Mode 1<br>2 – Mode 2<br>3 – Réserve par l'UIT-T<br>Ces modes sont décrits au paragraphe 8.11.2.  |
| Indicateur d'actualisation des BAT                        |        | [13]    | 0, lorsque les tables BAT des flux spatiaux SS 1 et SS 2 ne sont pas actualisées dans le message, c'est-à-dire que les champs $B_1^{(1)}, \dots, B_Z^{(1)}$ et $B_1^{(2)}, \dots, B_Z^{(2)}$ des BAT sont absents du message.<br>1, lorsque les tables BAT des flux spatiaux SS 1 et SS 2 sont actualisées dans le message, c'est-à-dire que les champs des BAT figurent dans le message.<br>Z est défini dans le champ TIDX <sub>MAX</sub> . |
| Indicateur d'actualisation de boucle arrière de précodage |        | [14]    | 0, lorsque les paramètres de précodage ne sont pas actualisés dans le message, c'est-à-dire lorsque les champs $P_{1,0}, P_{1,\phi}, \dots, P_{K,0}$ et $P_{K,\phi}$ de ces paramètres sont absents du message.<br>1, lorsque les paramètres de précodage sont actualisés dans le message, c'est-à-dire lorsque les champs de ces paramètres figurent dans le message.  |

**Tableau 8-6 – Format de la liste MMPL du message MCE\_ParamUpdate.req**

| Champ   | Octet | Bits  | Description  |
|---|-------|-------|--|
|   |       |       | Ce champ est mis à zéro lorsque le champ "Indicateur de mode MIMO" est défini sur zéro.<br>K est défini dans le champ TIDX <sub>max</sub> .  |
| Indicateur de quantification de boucle arrière de précodage |       | [15]  | 0, lorsque P <sub>i,θ</sub> et P <sub>i,φ</sub> sont quantifiés sous la forme de valeurs sur 4 bits.<br>1, lorsque P <sub>i,θ</sub> et P <sub>i,φ</sub> sont quantifiés sous la forme de valeurs sur 8 bits.<br>Ce champ n'est pas pris en compte par le récepteur du message lorsque le champ "Indicateur d'actualisation de boucle arrière de précodage" est défini sur zéro.  |
| CE_PR_GRP   | 2     | [2:0] | Ce champ indique le groupement de précodage (PG) associé à l'indicateur de quantification de boucle arrière de précodage et aux paramètres de boucle arrière P <sub>i,j</sub> . Il est déterminé au moment de la confirmation d'initiation de l'estimation de canal. Son format respecte les prescriptions du Tableau 8-7 – Format de CE_PR_GRP.<br>Ce champ n'est pas pris en compte par le récepteur du message lorsque le champ "Indicateur d'actualisation de retour d'information de précodage" est défini sur zéro.  |
| BAT_COMPRESSION   |       | 3     | Ce bit indique si un mécanisme de compression des longueurs de plage est employé pour transporter les informations des tables BAT (champs B <sub>1</sub> <sup>(1)</sup> à B <sub>Z</sub> <sup>(1)</sup> et champs B <sub>1</sub> <sup>(2)</sup> à B <sub>Z</sub> <sup>(2)</sup> ).<br>Lorsque ce bit est défini sur zéro, aucun mécanisme de compression des longueurs de plage n'est utilisé.<br>Lorsque ce bit est défini sur un, un mécanisme de compression des longueurs de plage est utilisé.<br>Ce bit est défini sur un uniquement lorsque le champ de compression BMAT (voir le Tableau 8-0) est également défini sur un. |
| PRECODING_COMPRESSION                                       |       | 4     | Ce bit indique si un mécanisme de compression des longueurs de plage est employé pour transporter les informations de précodage (champs P <sub>1,θ</sub> à P <sub>K,θ</sub> , et champs P <sub>1,φ</sub> à P <sub>K,φ</sub> )<br>Lorsque ce bit est défini sur zéro, aucun mécanisme de compression des longueurs de plage n'est utilisé.<br>Lorsque ce bit est mis à un, un mécanisme de compression des longueurs de plage est utilisé.<br>Ce bit est mis à un uniquement lorsque le champ de compression BMAT (voir le Tableau 8-0) est également mis à un.   |
| NUM_VALID_DUR_EXT   |       | [6:5] | Ce champ contient les bits étendus de NUM_VALID_DUR, qui sont concaténés et utilisés pour les bits de plus fort poids de NUM_VALID_DUR. Cette extension porte la gamme des valeurs admissibles pour NUM_VALID_DUR de 0 (V = 1) à 31 (V = 32) (Note 16).  |
| APSD_MAX_EXT  |       | [7]   | Ce champ contient la valeur de APSD_MAX_EXT dans l'en-tête PFH associé à la nouvelle BMAT. Son format  |

**Tableau 8-6 – Format de la liste MMPL du message MCE\_ParamUpdate.req**

| Champ                       | Octet  | Bits   | Description  |
|-----------------------------|--------|--------|--|
|                             |        |        | respecte les prescriptions du paragraphe 7.1.2.3.2.2.25 de la Recommandation [UIT-T G.9960]. (Note 15)   |
| VALID_BMAT_ID               | 3 et 4 | [15:0] | Ce champ contient une suite binaire indiquant les tables BMAT d'exécution valables (y compris le nouveau BMAT ID) pour le présent nœud (SID), quand celui-ci reçoit une transmission du nœud destinataire (DID). Chaque bit est associé à une BMAT d'exécution. Le bit 0 de VALID_BMAT_ID est défini sur un si le BMAT_ID 16 d'exécution est valable. Le bit 11 de VALID_BMAT_ID est défini sur un si le BMAT_ID 27 d'exécution est valable. |
| NUM_TX_AVAIL_BMAT_NO_PREC   | 5      | [3:0]  | Ce champ contient le nombre de tables BMAT d'exécution disponibles, en considérant que $G = 1$ et qu'aucun précodage n'est appliqué, que peut prendre en charge le présent nœud (SID) lorsqu'il émet vers le nœud destinataire (DID). Les valeurs admissibles vont de 0 à 12.  |
| NUM_TX_AVAIL_BMAT_PREC      |        | [7:4]  | Ce champ contient le nombre de tables BMAT d'exécution disponibles, en considérant que $G = 1$ et $PG = 1$ (les paramètres de précodage étant quantifiés sur 8 bits), que peut prendre en charge le présent nœud (SID) lorsqu'il émet vers le nœud destinataire (DID). Les valeurs admissibles vont de 0 à 12.   |
| Nouvelle taille de bloc     | 6      | [1:0]  | Ce champ indique la taille de bloc (BLKSZ) proposée pour la nouvelle table BMAT. Son format respecte les prescriptions du Tableau 7-7 de la Recommandation [UIT-T G.9960] (Note 2).  |
| Nouveau débit de codage FEC |        | [4:2]  | Ce champ indique le débit de codage (FEC_RATE) proposé pour la nouvelle table BMAT. Son format respecte les prescriptions du Tableau 7-12 de la Recommandation [UIT-T G.9960] (Note 3).  |
| Nouveau GI                  |        | [7:5]  | Ce champ indique l'intervalle de garde (GI_ID) proposé pour la nouvelle table BMAT. Son format respecte les prescriptions du Tableau 7-14 de la Recommandation [UIT-T G.9960] (Note 4).  |
| APSD_MAX                    | 7      | [4:0]  | Ce champ correspond à la valeur de APSD_MAX dans l'en-tête PFH associé à la nouvelle BMAT. Son format respecte les prescriptions du paragraphe 7.1.2.3.2.2.11. (Note 15)   |
| NUM_VALID_DURATION          |        | [7:5]  | Ce champ indique le nombre de durées valables définies pour la nouvelle table BMAT ( $V$ ). La gamme des valeurs admissibles pour ce champ va de 0 ( $V = 1$ ) à 7 ( $V = 8$ ), sans extension (Note 5).   |
| CE_STIME <sub>1</sub>       | 8      | [7:0]  | Ce champ indique l'heure de début de la première durée de validité de la nouvelle table BMAT. Son format respecte les prescriptions du Tableau 8-98 de la Recommandation [UIT-T G.9961].   |
| CE_ETIME <sub>1</sub>       | 9      | [7:0]  | Ce champ indique l'heure de fin de la première durée de validité de la nouvelle table BMAT. Son format respecte les prescriptions du Tableau 8-99 de la Recommandation [UIT-T G.9961].   |

**Tableau 8-6 – Format de la liste MMPL du message MCE\_ParamUpdate.req**

| Champ   | Octet                  | Bits    | Description   |
|---|------------------------|---------|---|
| ...   | ...                    | ...     | ...   |
| CE_STIME <sub>v</sub>                               | 2V+6                   | [7:0]   | Ce champ indique l'heure de début de la dernière durée de validité de la nouvelle table BMAT. Son format respecte les prescriptions du Tableau 8-98 de la Recommandation [UIT-T G.9961].  |
| CE_ETIME <sub>v</sub>                               | 2V+7                   | [7:0]   | Ce champ indique l'heure de début de la première durée de validité de la nouvelle table BMAT. Son format respecte les prescriptions du Tableau 8-99 de la Recommandation [UIT-T G.9961].  |
| TIDX <sub>MIN</sub> <u>pour les OFB de profil 1</u> | (2V+8)<br>à<br>(2V+10) | [11:0]  | Entier non signé de 12 bits indiquant les valeurs minimales:<br>1) du premier indice de sous-porteuse du premier groupe de tables BAT auquel sont attribués des bits non nuls dans le flux spatial 1, et<br>2) du premier indice de sous-porteuse du premier groupe de tables BAT auquel sont attribués des bits non nuls dans le flux spatial 2.<br>Cet entier est un multiple de $G$ (Note 6).<br>La valeur de ce champ est associée à la table BMAT; elle est utilisée pendant les actualisations partielles de celle-ci (voir le Tableau 8-9).  |
| TIDX <sub>MAX</sub> <u>pour les OFB de profil 1</u> |                        | [23:11] | Entier non signé de 12 bits indiquant les valeurs maximales:<br>1) du premier indice de sous-porteuse du dernier groupe de tables BAT auquel sont attribués des bits non nuls dans le flux spatial 1, et<br>2) du premier indice de sous-porteuse du dernier groupe de tables BAT auquel sont attribués des bits non nuls dans le flux spatial 2.<br>Cet entier est un multiple de $G$ (Note 6) et sa valeur respecte la relation suivante si un groupement des sous-porteuses pour le chargement de bits ( $G > 1$ ) est employé: $TIDX_{MAX} + G - 1 \leq \text{StopSubCarrier}$ , où $\text{StopSubCarrier}$ est décrit dans le Tableau 8-16.6 (champ "Bandplan Info Capability Value") de la Recommandation [UIT-T G.9961].<br>Soit $W$ le nombre d'entrées BAT, égal à $(TIDX_{MAX} - TIDX_{MIN})/G + 1$ .<br>$Z$ représente le plus petit entier supérieur ou égal à $W/2$ .<br>$K$ représente le nombre d'entrées de précodage (c'est-à-dire le nombre de groupements de précodage), qui est le plus petit entier supérieur ou égal à $(TIDX_{MAX} + G - TIDX_{MIN})/PG$ . |

**Tableau 8-6 – Format de la liste MMPL du message MCE\_ParamUpdate.req**

| Champ                         | Octet     | Bits     | Description  |
|-------------------------------|-----------|----------|--|
| $B_i^{(1)}$                   | 2V+11     | [3:0]    | Ce champ est présent si et seulement si le champ "Indicateur d'actualisation de table BAT" est défini sur un. Il est représenté par un entier non signé de 4 bits indiquant le nombre de bits attribués au flux spatial 1 pour les indices de sous-porteuse de $TIDX_{MIN}$ à $TIDX_{MIN} + G - 1$ (Notes 6 et 7).<br>Ce champ est présent uniquement si le champ BAT_COMPRESSION est défini sur 0.  |
|                               |           | [7:4]    | Ce champ est présent si et seulement si le champ "Indicateur d'actualisation de table BAT" est défini sur un. Il est représenté par un entier non signé de 4 bits indiquant le nombre de bits attribués au flux spatial 1 pour les indices de sous-porteuse de $TIDX_{MIN} + G$ à $TIDX_{MIN} + 2G - 1$ (Notes 6, 7, 8).<br>Ce champ est présent uniquement si le champ BAT_COMPRESSION est défini sur 0.  |
| ...                           | ...       | ...      | ...  |
| $B_Z^{(1)}$                   | 2V+10 + Z | [3:0]    | Ce champ est présent si et seulement si le champ "Indicateur d'actualisation de table BAT" est défini sur un. Il est représenté par un entier non signé de 4 bits indiquant le nombre de bits attribués au flux spatial 1 pour les indices de sous-porteuse de $TIDX_{MAX} - G$ à $TIDX_{MAX} - 1$ si W est pair, ou les indices de sous-porteuse $TIDX_{MAX}$ à $TIDX_{MAX} + G - 1$ si W est impair (Notes 6 et 7).<br>Ce champ est présent uniquement si le champ BAT_COMPRESSION est défini sur 0. |
|                               |           | [7:4]    | Ce champ est présent si et seulement si le champ "Indicateur d'actualisation de table BAT" est défini sur un. Il est représenté par un entier non signé de 4 bits indiquant le nombre de bits attribués au flux spatial 1 pour les indices de sous-porteuse de $TIDX_{MAX}$ à $TIDX_{MAX} + G - 1$ si W est pair (Notes 6, 7, 9).<br>Ce champ est présent uniquement si le champ BAT_COMPRESSION est défini sur 0.   |
| COMPRESSED_BAT <sup>(1)</sup> | variable  | variable | Informations compressées contenant les Z champs $B_i^{(1)}$ .<br>Ce champ est rempli en appliquant le mécanisme décrit au paragraphe 8.23 de la Recommandation [UIT-T G.9961], le champ Pattern présentant un format identique à celui du champ $B_i^{(1)}$ du présent message (N = 8).<br>Ce champ est présent uniquement si le champ BAT_COMPRESSION est défini sur un.  |
| $B_i^{(2)}$                   | variable  | [3:0]    | Ce champ est présent si et seulement si le champ "Indicateur d'actualisation de table BAT" est défini sur un. Il est représenté par un entier non signé de 4 bits indiquant le nombre de bits attribués au flux spatial 2 pour les indices de sous-porteuse de $TIDX_{MIN}$ à $TIDX_{MIN} + G - 1$ (Notes 6 et 7).<br>Ce champ est présent uniquement si le champ BAT_COMPRESSION est défini sur 0.  |

**Tableau 8-6 – Format de la liste MMPL du message MCE\_ParamUpdate.req**

| Champ                         | Octet    | Bits     | Description  |
|-------------------------------|----------|----------|--|
|                               |          | [7:4]    | Ce champ est présent si et seulement si le champ "Indicateur d'actualisation de table BAT" est défini sur un. Il est représenté par un entier non signé de 4 bits indiquant le nombre de bits attribués au flux spatial 2 pour les indices de sous-porteuse de $TIDX_{MIN} + G$ à $TIDX_{MIN} + 2G - 1$ (Notes 6, 7, 8)<br>Ce champ est présent uniquement si le champ BAT_COMPRESSION est défini sur 0.   |
| ...                           | ...      | ...      | ...  |
| $B_Z^{(2)}$                   | variable | [3:0]    | Ce champ est présent si et seulement si le champ "Indicateur d'actualisation de table BAT" est défini sur un. Il est représenté par un entier non signé de 4 bits indiquant le nombre de bits attribués au flux spatial 2 pour les indices de sous-porteuse de $TIDX_{MAX} - G$ à $TIDX_{MAX} - 1$ si $W$ est pair, ou aux indices de sous-porteuse $TIDX_{MAX}$ à $TIDX_{MAX} + G - 1$ si $W$ est impair (Notes 6 et 7).<br>Ce champ est présent uniquement si le champ BAT_COMPRESSION est défini sur 0.   |
|                               |          | [7:4]    | Ce champ est présent si et seulement si le champ "Indicateur d'actualisation de table BAT" est défini sur un. Il est représenté par un entier non signé de 4 bits indiquant le nombre de bits attribués au flux spatial 2 pour les indices de sous-porteuse de $TIDX_{MAX}$ à $TIDX_{MAX} + G - 1$ si $W$ est pair (Notes 6, 7, 9).<br>Ce champ est présent uniquement si le champ BAT_COMPRESSION est défini sur 0.   |
| COMPRESSED_BAT <sup>(2)</sup> | variable | variable | Informations compressées contenant les $Z$ champs $B_i^{(2)}$ .<br>Ce champ est rempli en appliquant le mécanisme décrit au paragraphe 8.23 de la Recommandation [UIT-T G.9961], le champ Pattern présentant un format identique à celui du champ $B_i^{(2)}$ du présent message ( $N = 8$ ).<br>Ce champ est présent uniquement si le champ BAT_COMPRESSION est défini sur un.  |
| $P_{1,\theta}$                | variable | variable | Ce champ est présent si et seulement si le champ "Indicateur d'actualisation de paramètres de précodage" est défini sur un (Note 13). Il est représenté par un entier non signé de 4 bits (Note 12) ou 8 bits indiquant l'angle $\theta$ , qui est l'un des paramètres de la matrice de précodage attribuée au premier groupe de $PG$ sous-porteuses, dont les indices vont de $TIDX_{MIN}$ à $TIDX_{MIN} + PG - 1$ . La valeur de $\theta$ , exprimée en radians, est la suivante (sur la base du champ d'indicateur de quantification de boucle arrière de précodage):<br>$\theta = \pi(2P_\theta + 1)/64$ où: $P_\theta = P_{1,\theta} = 0 \dots 15$ (quantification sur 4 bits), ou<br>$\theta = \pi(2P_\theta + 1)/1024$ où: $P_\theta = P_{1,\theta} = 0 \dots 255$ (quantification sur 8 bits). |

**Tableau 8-6 – Format de la liste MMPL du message MCE\_ParamUpdate.req**

| Champ                | Octet    | Bits     | Description   |
|----------------------|----------|----------|---|
|                      |          |          | Ce champ est présent uniquement si le champ PRECODING_COMPRESSION est défini sur 0.   |
| ...                  | ...      | ...      | ...   |
| $P_{K,\theta}$       | variable | variable | <p>Ce champ est présent si et seulement si le champ "Indicateur d'actualisation de paramètres de précodage" est défini sur un (Note 13). Il est représenté par un entier non signé de 4 bits (Note 12) ou 8 bits indiquant l'angle <math>\theta</math>, qui est l'un des paramètres de la matrice de précodage attribuée au dernier groupe de <math>PG</math> sous-porteuses, dont les indices vont de <math>TIDX_{MIN} + PG \times (K-1)</math> à <math>TIDX_{MIN} + PG - 1 + PG \times (K-1)</math>. La valeur de <math>\theta</math>, exprimée en radians, est la suivante (sur la base du champ d'indicateur de quantification de boucle arrière de précodage):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\theta = \pi(2P_\theta + 1)/64</math> où: <math>P_\theta = P_{K,\theta} = 0 \dots 15</math> (quantification sur 4 bits), ou</li> <li>• <math>\theta = \pi(2P_\theta + 1)/1024</math> où: <math>P_\theta = P_{K,\theta} = 0 \dots 255</math> (quantification sur 8 bits).</li> </ul> <p>Ce champ est présent uniquement si le champ PRECODING_COMPRESSION est défini sur 0.</p> |
| COMPRESSED_ $\theta$ | variable | variable | <p>Informations compressées contenant les <math>K</math> champs <math>P_{i,\theta}</math>. Ce champ est rempli en appliquant le mécanisme décrit au paragraphe 8.23 de la Recommandation [UIT-T G.9961], le champ Pattern présentant un format identique au champ <math>P_{i,\theta}</math> du présent message (<math>N = 4</math> ou <math>N = 8</math>, suivant la valeur de l'indicateur de quantification de boucle arrière de précodage).</p> <p>Ce champ est présent uniquement si le champ PRECODING_COMPRESSION est défini sur un.</p>  |
| $P_{1,\varphi}$      | variable | variable | <p>Ce champ est présent si et seulement si le champ "Indicateur d'actualisation de paramètres de précodage" est défini sur un (Note 13). Il est représenté par un entier non signé de 4 bits (Note 12) ou 8 bits indiquant l'angle <math>\varphi</math>, qui est l'un des paramètres de la matrice de précodage attribuée au premier groupe de <math>PG</math> sous-porteuses, dont les indices vont de <math>TIDX_{MIN}</math> à <math>TIDX_{MIN} + PG - 1</math>. La valeur de <math>\varphi</math>, exprimée en radians, est la suivante (sur la base du champ d'indicateur de quantification de boucle arrière de précodage) (Note 11):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\varphi = \pi(2P_\varphi + 1)/16</math> où: <math>P_\varphi = P_{1,\varphi} = 0 \dots 15</math> (quantification sur 4 bits), ou</li> <li>• <math>\varphi = \pi(2P_\varphi + 1)/256</math> où: <math>P_\varphi = P_{1,\varphi} = 0 \dots 255</math> (quantification sur 8 bits).</li> </ul> <p>Ce champ est présent uniquement si le champ PRECODING_COMPRESSION est défini sur 0.</p>                  |
| ...                  | ...      | ...      | ...   |
| $P_{K,\varphi}$      | variable | variable | <p>Ce champ est présent si et seulement si le champ "Indicateur d'actualisation de paramètres de précodage" est</p>   |

**Tableau 8-6 – Format de la liste MMPL du message MCE\_ParamUpdate.req**

| Champ                 | Octet    | Bits     | Description   |
|-----------------------|----------|----------|---|
|                       |          |          | <p>défini sur un (Note 13). Il est représenté par un entier non signé de 4 bits (Note 12) ou 8 bits indiquant l'angle <math>\varphi</math>, qui est l'un des paramètres de la matrice de précodage attribuée au dernier groupe de <math>PG</math> sous-porteuses, dont les indices vont de <math>TIDX_{MIN} + PG \times (K-1)</math> à <math>TIDX_{MIN} + PG - 1 + PG \times (K-1)</math>. La valeur de <math>\varphi</math>, exprimée en radians, est la suivante (sur la base du champ d'indicateur de quantification de boucle arrière de précodage) (Note 11):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\varphi = \pi(2P_{\varphi} + 1)/16</math> où: <math>P_{\varphi} = P_{K,\varphi} = 0 \dots 15</math> (quantification sur 4 bits), ou</li> <li>• <math>\varphi = \pi(2P_{\varphi} + 1)/256</math> où: <math>P_{\varphi} = P_{K,\varphi} = 0 \dots 255</math> (quantification sur 8 bits).</li> </ul> <p>Ce champ est présent uniquement si le champ PRECODING_COMPRESSION est défini sur 0.</p> |
| COMPRESSED_ $\varphi$ | variable | variable | <p>Informations compressées contenant les <math>K</math> champs <math>P_{i,\varphi}</math>. Ce champ est rempli en appliquant le mécanisme décrit au paragraphe 8.23 de la Recommandation [UIT-T G.9961], le champ Pattern présentant un format identique au champ <math>P_{i,\varphi}</math> du présent message (<math>N = 4</math> ou <math>N = 8</math>, suivant la valeur de l'indicateur de quantification de boucle arrière de précodage).</p> <p>Ce champ est présent uniquement si le champ PRECODING_COMPRESSION est défini sur un.</p>  |

NOTE 1 – Les bits qui sont réservés par l'UIT-T doivent être mis à zéro par l'émetteur et ne pas être pris en compte par le récepteur.

NOTE 2 – L'émetteur applique la taille de bloc proposée ou une taille supérieure pour les nouvelles connexions. Une fois la taille de bloc choisie, elle ne doit pas être modifiée pendant toute la durée de la connexion (voir le paragraphe 8.1.3.2 de la Recommandation [UIT-T G.9960]).

NOTE 3 – L'émetteur applique le débit de codage FEC proposé, ou un débit inférieur.

NOTE 4 – L'émetteur applique l'intervalle de garde (GI) proposé, ou un intervalle de garde plus long.

NOTE 5 – Une nouvelle table BMAT ne peut être utilisée que sur des durées non chevauchantes déterminées (huit au maximum) au sein d'un cycle MAC, définies par les valeurs  $CE\_STIME_i$  et  $CE\_ETIME_i$  sans extension.

NOTE 6 – L'indice de sous-porteuse représente l'indice physique (paragraphe 7.1.4.1). Toutes les entrées des tables BMAT hors de la fourchette [ $TIDX_{MIN}$ ,  $TIDX_{MAX} + G - 1$ ] sont considérées comme non chargées.

NOTE 7 – Lorsqu'une sous-porteuse n'est pas chargée, ce champ est défini sur 0 ou sur 15.

NOTE 8 – Si  $W = 1$ , ce champ est défini sur zéro.

NOTE 9 – Si  $W$  est un nombre impair, ce champ est défini sur zéro.

NOTE 10 – La matrice de mappage de ports Tx ( $TPM$ ) à utiliser par chaque sous-porteuse est indiquée par le codage de bits dans les tables BAT affectées aux deux flux spatiaux de la sous-porteuse, et par l'indicateur de mode MIMO, conformément au Tableau 8-2.

NOTE 11 – Lorsque le support est une ligne électrique, le décalage cyclique décrémente de  $2 * \pi * T_{CS} * F_{SC} = 0,098175$  radian (environ  $\pi/32$  radian) l'angle  $\varphi$  entre une sous-porteuse et la suivante. Lorsque  $PG > 1$ , la valeur de  $P_{\varphi}$  est associée à la sous-porteuse de plus basse fréquence du groupe. L'émetteur calcule la valeur de  $\varphi$  pour chaque sous-porteuse du groupe  $i$  ( $i = 0 \dots PG - 1$ ) en tant que:

- $\varphi = \pi(2P'_{\varphi} + 1)/16$ , où  $P'_{\varphi} = (4P_{\varphi} - i)/4$  dans le cas d'une quantification sur 4 bits

**Tableau 8-6 – Format de la liste MMPL du message MCE\_ParamUpdate.req**

| Champ  | Octet | Bits | Description |
|--|-------|------|-------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li><math>\varphi = \pi(2P'_\varphi + 1)/256</math>, où <math>P'_\varphi = P_\varphi - 4i</math> dans le cas d'une quantification sur 8 bits.</li> </ul> <p>NOTE 12 – Pour les valeurs sur 4 bits, deux valeurs sont insérées dans chaque octet avec 4 bits de moindre poids correspondant à l'indice de sous-porteuse le plus bas. Dans le cas où K est impair, les 4 bits de plus fort poids de l'octet contenant <math>P_{K,\theta}</math> et <math>P_{K,\varphi}</math> sont définis sur zéro.</p> <p>NOTE 13 – Les paramètres de précodage sont rapportés pour tous les groupes de précodage, même ceux qui comprennent des sous-porteuses associées à un mappage de ports Tx sans précodage.</p> <p>NOTE 14 – La rotation de phase constante (voir la Note 11) entre un groupe et le suivant est supprimée du champ <math>P_{i,\varphi}</math> avant l'application du mécanisme de compression. Aucune suppression de phase constante n'est appliquée au premier des K groupes, qui sert de référence.</p> <p>NOTE 15 – Il incombe au récepteur de définir les valeurs APSD_MAX et APSD_MAX_EXT en tenant compte des limites et des capacités de l'émetteur en matière de PSD dont il a connaissance (voir le paragraphe 7.1.5 de la Recommandation [UIT-T G.9960]).</p> <p>NOTE 16 – Une nouvelle table BAT ne peut être utilisée que sur des durées non chevauchantes déterminées (32 au maximum) au sein d'un cycle MAC, définies par les valeurs CE_STIME<sub>i</sub> et CE_ETIME<sub>i</sub> étendues de la valeur de NUM_VALID_DUR.</p> |       |      |             |

**Tableau 8-7 – Format de CE\_BAT\_GRP**

| Valeur de<br>BAT_GRP_ID<br>(b <sub>10</sub> b <sub>9</sub> b <sub>8</sub> ) | Description  |
|---|--|
| 000   | Valeur par défaut – Aucun groupement de sous-porteuses dans la table BAT ( $G = 1$ ) |
| 001   | Groupement BAT de 2 sous-porteuses ( $G = 2$ )                                       |
| 010   | Groupement BAT de 4 sous-porteuses ( $G = 4$ )                                       |
| 011   | Groupement BAT de 8 sous-porteuses ( $G = 8$ )                                       |
| 100   | Groupement BAT de 16 sous-porteuses ( $G = 16$ )                                     |
| 101 à 111   | Réservé par l'UIT-T  |

**Table 8-8 – Format de CE\_PR\_GRP**

| Valeur de<br>PR_GRP_ID<br>(b <sub>2</sub> b <sub>1</sub> b <sub>0</sub> ) | Description  |
|---|--|
| 000   | Valeur par défaut – Aucun groupement de sous-porteuses de précodage ( $PG = 1$ ) |
| 001   | Groupement de précodage de 2 sous-porteuses ( $PG = 2$ )                         |
| 010   | Groupement de précodage de 4 sous-porteuses ( $PG = 4$ )                         |
| 011   | Groupement de précodage de 8 sous-porteuses ( $PG = 8$ )                         |
| 100   | Groupement de précodage de 16 sous-porteuses ( $PG = 16$ )                       |
| 101 à 111   | Réservé par l'UIT-T  |

#### 8.11.1.7.4 Format de MCE\_ParamUpdateRequest.ind

La liste MMPL du message MCE\_ParamUpdateRequest.ind se présente sous le format défini au Tableau 8-9.

**Tableau 8-9 – Format de la liste MMPL du message MCE\_ParamUpdateRequest.ind**

| Champ  | Octet | Bits  | Description   |
|--|-------|-------|---|
| BMAT ID demandé  | 0     | [4:0] | Ce champ indique le BMAT_ID pour lequel l'émetteur souhaite transmettre les résultats de l'estimation de canal. Son format respecte les prescriptions du Tableau 7-3. |
| Réservé  |       | [7:5] | Réservé par l'UIT-T (Note).   |
| NOTE – Les bits qui sont réservés par l'UIT-T doivent être mis à zéro par l'émetteur et ne pas être pris en compte par le récepteur. |       |       |   |

#### 8.11.1.7.5 Format de MCE\_PartialBmatUpdate.req

La liste MMPL du message MCE\_PartialBmatUpdate.req se présente sous le format défini au Tableau 8-10.

**Tableau 8-10 – Format de la liste MMPL du message MCE\_PartialBmatUpdate.req**

| Champ   | Octet  | Bits    | Description  |
|---|--------|---------|--|
| O_BMAT_ID   | 0      | [4:0]   | Ce champ indique le BMAT_ID associé à la table BMAT qui doit être mise à jour par la demande de PBMU. Son format respecte les prescriptions du Tableau 7-3.  |
| Réservé   |        | [7:5]   | Réservé par l'UIT-T (Note).  |
| N_BMAT_ID   | 1      | [4:0]   | Ce champ indique le BMAT_ID associé à la table BMAT mise à jour par la demande de PBMU. Son format respecte les prescriptions du Tableau 7-3.  |
| Réservé   |        | [7:5]   | Réservé par l'UIT-T (Note).  |
| NUM_BAT_ENT<br><a href="#">pour les OFB de profil 1</a> | 2 et 3 | [9:0]   | Ce champ indique le nombre (V) d'entrées à actualiser dans la table BAT. La gamme des valeurs admissibles pour ce champ va de 0 (V=1) à 1023 (V=1024).<br><a href="#">Ce champ est défini sur zéro pour les OFB de profil 2.</a>   |
| Réservé   |        | [15:10] | Réservé par l'UIT-T (Note).  |
| NUM_PG_ENT  | 4 et 5 | [9:0]   | Ce champ indique le nombre d'entrées de groupement de précodage à actualiser (Q). La gamme des valeurs admissibles pour ce champ va de 0 (Q=1) à 1023 (Q=1024). Ce champ ne doit pas être pris en compte par le récepteur du message lorsque le champ "Indicateur d'actualisation de boucle arrière de précodage" est défini sur zéro.   |
| Indicateur d'actualisation de la table BAT du SS 1      |        | [10]    | 0, lorsque la table BAT du SS 1 n'est pas actualisée dans le message, c'est-à-dire lorsque les champs BAT, $B_{T1}^{(1)}, \dots, B_{T_V}^{(1)}$ (notamment les champs réservés dans les octets correspondants), sont absents du message.<br>1, lorsque la table BAT du flux spatial SS 1 est actualisée dans le message, c'est-à-dire lorsque les champs BAT figurent dans le message. |
| Indicateur d'actualisation de                           |        | [11]    | 0, lorsque la table BAT du SS 2 n'est pas actualisée dans le message, c'est-à-dire lorsque les champs BAT, $B_{T1}^{(2)}, \dots,$  |

**Tableau 8-10 – Format de la liste MMPL du message MCE\_PartialBmatUpdate.req**

| Champ  | Octet    | Bits     | Description  |
|--|----------|----------|--|
| la table BAT du SS 2   |          |          | $B_{TV}^{(2)}$ (notamment les champs réservés dans les octets correspondants) sont absents du message.<br>1, lorsque la table BAT du flux spatial SS 2 est actualisée dans le message, c'est-à-dire que les champs BAT figurent dans le message.   |
| Indicateur d'actualisation de boucle arrière de précodage  |          | [12]     | 0, lorsque les paramètres de précodage ne sont pas actualisés dans le message, c'est-à-dire lorsque les champs $PT_1, P_{\theta, PT1}, P_{\varphi, PT1}, \dots, PT_Q, P_{\theta, PTQ}, P_{\varphi, PTQ}$ de ces paramètres ne figurent pas dans le message.<br>1, lorsque les paramètres de précodage sont actualisés dans le message, c'est-à-dire que les champs de ces paramètres figurent dans le message.<br>Ce champ est mis à zéro lorsque le champ "Indicateur de mode MIMO" associé à l'identificateur O_BMAT_ID est défini sur zéro. |
| Indicateur de quantification de boucle arrière de précodage  |          | [13]     | 0, lorsque $P_{i,\theta}$ et $P_{i,\varphi}$ sont quantifiés sous la forme de valeurs sur 4 bits.<br>1, lorsque $P_{i,\theta}$ et $P_{i,\varphi}$ sont quantifiés sous la forme de valeurs sur 8 bits.<br>Ce champ n'est pas pris en compte par le récepteur du message lorsque le champ "Indicateur d'actualisation de boucle arrière de précodage" est défini sur zéro.<br>La valeur de quantification est identique à celle associée à O_BMAT_ID.   |
| Réservé  |          | [15:14]  | Réservé par l'UIT-T (Note).  |
| Descripteur d'entrée des tables BAT des 2 flux spatiaux [V]  | variable | [23:0]   | Ce champ est présent si et seulement si les champs "Indicateur d'actualisation de la table BAT du SS 1" et "Indicateur d'actualisation de la table BAT du SS 2" sont définis sur un. Son format respecte les prescriptions du Tableau 8-10.  |
| Descripteur d'entrée de la table BAT d'un flux spatial [V]   | variable | [15:0]   | Ce champ est présent si et seulement si un seul des deux champs "Indicateur d'actualisation de la table BAT du SS 1" et "Indicateur d'actualisation de la table BAT du SS 2" est défini sur un. Son format respecte les prescriptions du Tableau 8-11.   |
| Descripteur d'entrée de précodage [Q]  | variable | variable | Ce champ est présent si et seulement si le champ "Indicateur d'actualisation de paramètres de précodage" est défini sur un. Son format respecte les prescriptions du Tableau 8-12.   |
| NOTE – Les bits qui sont réservés par l'UIT-T doivent être mis à zéro par l'émetteur et ne pas être pris en compte par le récepteur. |          |          |  |

**Tableau 8-11 – Format du descripteur des entrées de table BAT pour deux flux spatiaux**

| Champ           | Octet | Bits    | Description  |
|-----------------|-------|---------|--|
| $T_i$           | 0 à 2 | [11:0]  | Ce champ est représenté par un entier non signé de 12 bits indiquant l'indice de sous-porteuse (Note 1). Cet entier est un multiple de $G$ .<br>$T_i = TIDXmin + \max(G, PG) * I$ ; où $I$ est un entier (Note 2) et $TIDXmin$ est la valeur associée à $O\_BMAT\_ID$ (voir le Tableau 8-9). |
| $B_{T_i}^{(1)}$ |       | [15:12] | Ce champ est représenté par un entier non signé de 4 bits indiquant le nombre de bits attribués au flux spatial 1 pour les indices de sous-porteuse de $T_i$ à $T_i + G - 1$ .   |
| $B_{T_i}^{(2)}$ |       | [19:16] | Ce champ est représenté par un entier non signé de 4 bits indiquant le nombre de bits attribués au flux spatial 2 pour les indices de sous-porteuse de $T_i$ à $T_i + G - 1$ .   |
| Réservé         |       | [23:20] | Réservé par l'UIT-T (Note 3).  |

NOTE 1 – L'indice de sous-porteuse représente l'indice physique (voir le paragraphe 7.1.4.1).  
 NOTE 2 – Les valeurs de  $T_i$  inférieures à  $TIDXmin$  peuvent être choisies en utilisant une valeur négative de  $I$ .  
 NOTE 3 – Les bits qui sont réservés par l'UIT-T doivent être mis à zéro par l'émetteur et ne pas être pris en compte par le récepteur.

**Tableau 8-12 – Format du descripteur des entrées de table BAT pour un flux spatial**

| Champ           | Octet | Bits    | Description  |
|-----------------|-------|---------|--|
| $T_i$           | 0 à 1 | [11:0]  | Ce champ est représenté par un entier non signé de 12 bits indiquant l'indice de sous-porteuse (Note 1).<br>$T_i = TIDXmin + \max(G, PG) * I$ ; où $I$ est un entier (Note 2) et $TIDXmin$ est la valeur associée à $O\_BMAT\_ID$ (voir le Tableau 8-5).   |
| $B_{T_i}^{(k)}$ |       | [15:12] | Ce champ est représenté par un entier non signé de 4 bits indiquant le nombre de bits attribués au flux spatial $k$ pour les indices de sous-porteuse de $T_i$ à $T_i + G - 1$ .<br>$k$ a pour valeur:<br>1 si le champ "indicateur d'actualisation de la table BAT du SS 1" est défini sur un.<br>2 si le champ "indicateur d'actualisation de la table BAT du SS 2" est défini sur un. |

NOTE 1 – L'indice de sous-porteuse représente l'indice physique (voir le paragraphe 7.1.4.1).  
 NOTE 2 – Les valeurs de  $T_i$  inférieures à  $TIDXmin$  peuvent être choisies en utilisant une valeur négative de  $I$ .

**Tableau 8-13 – Format du descripteur des entrées de précodage**

| Champ  | Octet  | Bits   | Description  |
|--------|--------|--------|--|
| $PT_i$ | 0 et 1 | [11:0] | Ce champ est représenté par un entier non signé de 12 bits indiquant l'indice de sous-porteuse (Note 1).<br>$PT_i = TIDXmin + PG * I$ ; où $I$ est un entier (Note 2) et $TIDXmin$ est la valeur associée à $O\_BMAT\_ID$ (voir le Tableau 8-5). |

**Tableau 8-13 – Format du descripteur des entrées de précodage**

| Champ   | Octet    | Bits     | Description  |
|---|----------|----------|--|
| Réservé   |          | [15:12]  | Réservé par l'UIT-T.   |
| $P_{\theta, PT_i}$  | Variable | Variable | <p>Ce champ est représenté par un entier non signé de 4 bits ou 8 bits indiquant l'angle <math>\theta</math>, qui est l'un des paramètres de la matrice de précodage attribuée à un groupe de <math>PG</math> sous-porteuses, dont les indices vont de <math>PT_1</math> à <math>PT_1 + PG - 1</math>. La valeur de <math>\theta</math>, exprimée en radians, est la suivante (sur la base du champ d'indicateur de quantification de boucle arrière de précodage) (Note 3):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\theta = \pi(2P_{\theta} + 1)/64</math> où: <math>P_{\theta} = P_{\theta, PT_i} = 0 \dots 15</math> (quantification sur 4 bits), ou</li> <li>• <math>\theta = \pi(2P_{\theta} + 1)/1024</math> où: <math>P_{\theta} = P_{\theta, PT_i} = 0 \dots 255</math> (quantification sur 8 bits).</li> </ul>                |
| $P_{\varphi, PT_i}$   | Variable | Variable | <p>Ce champ est représenté par un entier non signé de 4 bits ou 8 bits indiquant l'angle <math>\varphi</math>, qui est l'un des paramètres de la matrice de précodage attribuée à un groupe de <math>PG</math> sous-porteuses, dont les indices vont de <math>PT_1</math> à <math>PT_1 + PG - 1</math>. La valeur of <math>\varphi</math>, exprimée en radians, est la suivante (sur la base du champ d'indicateur de quantification de boucle arrière de précodage) (Notes 3 et 4):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\varphi = \pi(2P_{\varphi} + 1)/16</math> où: <math>P_{\varphi} = P_{\varphi, PT_i} = 0 \dots 15</math> (quantification sur 4 bits), ou</li> <li>• <math>\varphi = \pi(2P_{\varphi} + 1)/256</math> où: <math>P_{\varphi} = P_{\varphi, PT_i} = 0 \dots 255</math> (quantification sur 8 bits).</li> </ul> |
| <p>NOTE 1 – L'indice de sous-porteuse représente l'indice physique (voir le paragraphe 7.1.4.1).<br/>           NOTE 2 – Les valeurs de PT inférieures à TIDXmin peuvent être choisies en utilisant une valeur négative de I.<br/>           NOTE 3 – Le descripteur d'entrée de précodage a une taille de trois octets dans le cas d'une quantification sur 4 bits, et une taille de quatre octets dans le cas d'une quantification sur 8 bits.<br/>           NOTE 4 – Lorsque le support est une ligne électrique, le décalage cyclique décrémente de <math>2 * \pi * T_{CS} * F_{SC} = 0,098175</math> radian (environ <math>\pi/32</math> radian) l'angle <math>\varphi</math> entre une sous-porteuse et la suivante. Lorsque <math>PG &gt; 1</math>, la valeur de <math>P_{\varphi}</math> est associée à la sous-porteuse de plus basse fréquence du groupe. L'émetteur calcule la valeur de <math>\varphi</math> pour chaque sous-porteuse du groupe <math>i</math> (<math>i = 0 \dots PG - 1</math>) en tant que:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\varphi = \pi(2P'_{\varphi} + 1)/16</math>, où <math>P'_{\varphi} = (4P_{\varphi} - i)/4</math> dans le cas d'une quantification sur 4 bits.</li> <li>• <math>\varphi = \pi(2P'_{\varphi} + 1)/256</math>, où <math>P'_{\varphi} = P_{\varphi} - 4i</math> dans le cas d'une quantification sur 8 bits.</li> </ul> |          |          |  |

**8.11.1.7.6 Format de MCE\_ACESymbols.ind**

La liste MMPL du message MCE\_ACESymbols.ind se présente sous le format défini au Tableau 8-14.

**Tableau 8-14 – Format de la liste MMPL du message MCE\_ACESymbols.ind**

| Champ  | Octet | Bits  | Description   |
|--|-------|-------|---|
| Symboles ACE   | 0     | [2:0] | Ce champ indique le nombre de symboles ACE ajoutés au début de la charge utile de toutes les trames autorisées à transporter des symboles ACE, le fanion MIMO_IND dans l'en-tête PFH étant défini sur un. Son format respecte les prescriptions du Tableau 7-16 de la Recommandation [UIT-T G.9960]. Pour les transmissions MIMO, la gamme des valeurs admissibles va de 1 à 7 (dans le cas d'une transmission MIMO, au moins un symbole ACE est inséré, comme décrit au paragraphe 7.1.4.4.4.3). |
| Réservé  |       | [7:3] | Réservé par l'UIT-T (Note).   |
| NOTE – Les bits qui sont réservés par l'UIT-T doivent être mis à zéro par l'émetteur et ne pas être pris en compte par le récepteur. |       |       |   |

#### 8.11.1.7.7 Format de MCE\_ProbeSlotAssign.cnf

La liste MMPL du message MCE\_ProbeSlotAssign.cnf le format défini au Tableau 8-15.

**Tableau 8-15 – Format de la liste MMPL du message MCE\_ProbeSlotAssign.cnf**

| Champ   | Octet | Bits  | Description  |
|---|-------|-------|--|
| ID de l'émetteur  | 0     | [7:0] | DEVICE_ID du nœud demandant une attribution de largeur de bande pour l'envoi de trames PROBE.  |
| ID du récepteur   | 1     | [7:0] | DEVICE_ID du récepteur à l'origine de la procédure d'estimation de canal.  |
| CE_BMAT_ID  | 2     | [4:0] | Ce champ indique le BMAT_ID associé à la table BMAT d'exécution pour laquelle une demande de largeur de bande a été émise en vue du sondage. |
| État de la demande  |       | [7:5] | 0 – La demande de largeur de bande est confirmée (Note).<br>1 – La demande est rejetée.<br>2 à 7 – Réservés par l'UIT-T.                     |
| NOTE – L'attribution de largeur de bande est identifiée dans le plan MAP par l'identificateur de l'émetteur (SID), l'identificateur du récepteur (DID) et l'indication unique d'estimation de canal définie dans l'extension des attributs des opportunités de transmission (voir le paragraphe 8.8.4.1.1). |       |       |  |

#### 8.11.1.7.8 Format de MCE\_ProbeSlotRelease.cnf

La liste MMPL du message MCE\_ProbeSlotRelease.cnf se présente sous le format défini au Tableau 8-16.

**Tableau 8-16 – Format de la liste MMPL du message MCE\_ProbeSlotRelease.cnf**

| Champ  | Octet | Bits  | Description  |
|--|-------|-------|--|
| ID de l'émetteur   | 0     | [7:0] | DEVICE_ID du nœud demandant l'attribution d'une largeur de bande pour l'envoi de trames PROBE.                             |
| ID du récepteur  | 1     | [7:0] | DEVICE_ID du nœud récepteur dans la procédure d'estimation de canal.   |
| CE_BMAT_ID   | 2     | [4:0] | Ce champ indique le BMAT_ID associé à la table BMAT d'exécution pour laquelle la largeur de bande doit être libérée.       |
| État de la demande   |       | [7:5] | 0 – La demande est confirmée.<br>1 – La demande est rejetée (table BMAT inconnue) (Note).<br>2 à 7 – Réservés par l'UIT-T. |
| NOTE – Aucune largeur de bande n'est allouée à la procédure d'estimation de canal identifiée. Cette identification est définie par le Transmitter_ID, le Receiver_ID et le CE_BMAT_ID. |       |       |  |

#### 8.11.1.7.9 Format de MCE\_ParamUpdate.cnf

La liste MMPL du message MCE\_ParamUpdate.cnf se présente sous le format défini au Tableau 8-17.

**Tableau 8-17 – Format de la liste MMPL du message MCE\_ParamUpdate.cnf**

| Champ  | Octet | Bits  | Description   |
|--|-------|-------|---|
| Nouveau BMAT_ID  | 0     | [4:0] | Ce champ indique le BMAT_ID qui figure dans le message MCE_ParamUpdate.req reçu.  |
| Réservé  |       | [7:5] | Réservé par l'UIT-T (Note).   |
| NUM_AVAIL_BMATS_NO_PREC  | 1     | [3:0] | Ce champ contient le nombre de tables BMAT d'exécution disponibles, en considérant que $G = 1$ et qu'aucun précodage n'est appliqué, que peut prendre en charge le présent nœud (SID) lorsqu'il émet vers le nœud destinataire (DID). Il exclut la table BMAT associée au CE_BMAT_ID. Les valeurs admissibles vont de 0 à 12.                                       |
| NUM_AVAIL_BMATS_PREC   |       | [7:4] | Ce champ contient le nombre de tables BMAT d'exécution disponibles, en considérant que $G = 1$ et $PG = 1$ (les paramètres de précodage étant quantifiés sur 8 bits), que peut prendre en charge le présent nœud (SID) lorsqu'il émet vers le nœud destinataire (DID). Il exclut la table BMAT associée au nouveau BMAT_ID. Les valeurs admissibles vont de 0 à 12. |
| État de la demande   | 2     | [2:0] | 0 – Table BMAT actualisée avec succès.<br>1 – Actualisation rejetée (plus de ressources disponibles).<br>2 – Actualisation rejetée (le nouveau BMAT_ID existe déjà).<br>3 à 7 – Réservés par l'UIT-T.   |
| Réservé  |       | [7:3] | Réservé par l'UIT-T (Note).   |
| NOTE – Les bits qui sont réservés par l'UIT-T doivent être mis à zéro par l'émetteur et ne pas être pris en compte par le récepteur. |       |       |   |

### 8.11.1.7.10 Format de MCE\_PartialBmatUpdate.cnf

La liste MMPL du message MCE\_PartialBmatUpdate.cnf se présente sous le format défini au Tableau 8-18.

**Tableau 8-18 – Format de la liste MMPL du message MCE\_PartialBmatUpdate.cnf**

| Champ  | Octet | Bits  | Description  |
|--|-------|-------|--|
| CE_BMAT_ID   | 0     | [4:0] | Ce champ indique le CE_BMAT_ID qui figure dans le message MCE_PartialBmatUpdate.req reçu.  |
| Réservé  |       | [7:5] | Réservé par l'UIT-T (Note).  |
| NUM_AVAIL_BMAT_NO_PREC   | 1     | [3:0] | Ce champ contient le nombre de tables BMAT d'exécution disponibles, en considérant que $G = 1$ et qu'aucun précodage n'est appliqué, que peut prendre en charge le présent nœud (SID) lorsqu'il émet vers le nœud destinataire (DID). Il exclut la table BMAT associée au CE_BMAT_ID. Les valeurs admissibles vont de 0 à 12.                                  |
| NUM_AVAIL_BMAT_PREC  |       | [7:4] | Ce champ contient le nombre de tables BMAT d'exécution disponibles, en considérant que $G = 1$ et $PG = 1$ (les paramètres de précodage étant quantifiés sur 8 bits), que peut prendre en charge le présent nœud (SID) lorsqu'il émet vers le nœud destinataire (DID). Il exclut la table BMAT associée au CE_BMAT_ID. Les valeurs admissibles vont de 0 à 12. |
| État de la demande   | 2     | [2:0] | 0 – Table BMAT actualisée avec succès.<br>1 – Demande rejetée (plus de ressources disponibles).<br>2 – Demande rejetée (O_BMAT_ID n'existe pas).<br>3 – Demande rejetée (N_BMAT_ID existe déjà).<br>4 à 7 – Réservés par l'UIT-T.  |
| Réservé  |       | [7:3] | Réservé par l'UIT-T (Note).  |
| NOTE – Les bits qui sont réservés par l'UIT-T doivent être mis à zéro par l'émetteur et ne pas être pris en compte par le récepteur. |       |       |  |

### 8.11.1.7.11 Format de MCE\_Request.ind

La liste MMPL du message MCE\_Request.ind se présente sous le format défini au Tableau 8-19.

**Tableau 8-19 – Format de la liste MMPL du message MCE\_Request.ind**

| Champ         | Octet | Bits  | Description   |
|---------------|-------|-------|---|
| CE_WINDOW_SEL | 0     | [0]   | Ce champ est défini sur un si l'émetteur choisit la fenêtre d'estimation de canal. Il est défini sur zéro dans le cas contraire.<br><br>Lorsque ce champ est défini sur zéro, les paramètres CE_STIME et CE_ETIME sont définis sur 00 <sub>16</sub> et ils ne sont pas pris en compte par le récepteur. |
| Réservé       |       | [7:1] | Réservé par l'UIT-T (Note).   |
| CE_STIME      | 1     | [7:0] | Ce champ indique l'heure à laquelle l'émetteur peut commencer l'envoi de trames PROBE. Il est codé comme  |

**Tableau 8-19 – Format de la liste MMPL du message MCE\_Request.ind**

| Champ  | Octet | Bits  | Description   |
|--|-------|-------|---|
|  |       |       | indiqué au Tableau 8-98 de la Recommandation [UIT-T G.9961].  |
| CE_ETIME   | 2     | [7:0] | Ce champ indique l'heure à laquelle l'émetteur doit arrêter l'envoi de trames PROBE. Il est codé comme indiqué au Tableau 8-99 de la Recommandation [UIT-T G.9961]. |
| NOTE – Les bits qui sont réservés par l'UIT-T doivent être mis à zéro par l'émetteur et ne pas être pris en compte par le récepteur. |       |       |   |

#### 8.11.1.7.12 Format de MCE\_Initiation.req

La liste MMPL du message MCE\_Initiation.req se présente sous le format défini au Tableau 8-20.

**Tableau 8-20 – Format de la liste MMPL du message MCE\_Initiation.req**

| Champ  | Octet  | Bits    | Description   |
|--|--------|---------|---|
| CE_BMAT_ID   | 0 et 1 | [4:0]   | Ce champ indique le BMAT_ID associé à la table BMAT d'exécution qui doit être créée par l'estimation de canal. Son format respecte les prescriptions du Tableau 7-3.                                  |
| CE_BAT_GRP   |        | [7:5]   | Ce champ indique la valeur du groupement de sous-porteuses dans la table BAT. Son format respecte les prescriptions du Tableau 8-7.   |
| CE_PR_GRP  |        | [10:8]  | Ce champ indique la valeur du groupement de sous-porteuses pour le précodage. Son format respecte les prescriptions du Tableau 8-8.   |
| Réservé  |        | [15:11] | Réservé par l'UIT-T (Note).   |
| CE_STIME   | 2      | [7:0]   | Ce champ indique l'heure à laquelle l'émetteur peut commencer l'envoi de trames PROBE. Il est codé comme indiqué au Tableau 8-98 de la Recommandation [UIT-T G.9961].                                 |
| CE_ETIME   | 3      | [7:0]   | Ce champ indique l'heure à laquelle l'émetteur doit arrêter l'envoi de trames PROBE. Il est codé comme indiqué au Tableau 8-99 de la Recommandation [UIT-T G.9961].                                   |
| CE_PRB_RQST  | 4      | [0]     | Ce champ est défini sur un lorsque le récepteur demande à recevoir des trames PROBE en même temps que la confirmation d'initiation de l'estimation de canal. Il est mis à zéro dans le cas contraire. |
| Réservé  |        | [7:1]   | Réservé par l'UIT-T (Note).   |
| CE_PRB_PARM  | 5 à 9  | [39:0]  | Ce champ détermine un jeu de paramètres pour la trame PROBE. Il est codé comme indiqué au Tableau 8-23. Ce champ est défini sur 000000 <sub>16</sub> si CE_PRB_RQST est défini sur zéro.              |
| NOTE – Les bits qui sont réservés par l'UIT-T doivent être mis à zéro par l'émetteur et ne pas être pris en compte par le récepteur. |        |         |   |

#### 8.11.1.7.13 Format de MCE\_Initiation.cnf

La liste MMPL du message MCE\_Initiation.cnf se présente sous le format défini au Tableau 8-21.

**Tableau 8-21 – Format de la liste MMPL du message MCE\_Initiation.cnf**

| Champ  | Octet  | Bits    | Description  |
|--|--------|---------|--|
| CE_BMAT_ID   | 0 et 1 | [4:0]   | Ce champ indique le BMAT_ID associé à la table BAT d'exécution qui doit être créée par l'estimation de canal. Son format respecte les prescriptions du Tableau 7-3.  |
| CE_BAT_GRP   |        | [7:5]   | Ce champ indique la valeur du groupement de sous-porteuses dans la table BAT. Son format respecte les prescriptions du Tableau 8-7.  |
| CE_PR_GRP  |        | [10:8]  | Ce champ indique la valeur du groupement de sous-porteuses pour le précodage. Son format respecte les prescriptions du Tableau 8-8.  |
| Réservé  |        | [15:11] | Réservé par l'UIT-T (Note).  |
| NUM_AVAIL_B<br>MATS_NO_PREC  | 2      | [3:0]   | Ce champ contient le nombre de tables BMAT d'exécution disponibles, en considérant que $G = 1$ et qu'aucun précodage n'est appliqué, que peut prendre en charge le présent nœud (SID) lorsqu'il émet vers le nœud destinataire (DID). Il exclut la table BMAT associée au CE_BMAT_ID. Les valeurs admissibles vont de 0 à 12.  |
| NUM_AVAIL_B<br>MATS_PREC   |        | [7:4]   | Ce champ contient le nombre de tables BMAT d'exécution disponibles, en considérant que $G = 1$ et $PG = 1$ (les paramètres de précodage étant quantifiés sur 8 bits), que peut prendre en charge le présent nœud (SID) lorsqu'il émet vers le nœud destinataire (DID). Il exclut la table BMAT associée au CE_BMAT_ID. Les valeurs admissibles vont de 0 à 12.   |
| État de la demande   | 3      | [2:0]   | 0 – L'initiation de l'estimation de canal est confirmée.<br>1 – Rejetée (le CE_BMAT_ID est valable et actuellement utilisé).<br>2 – Rejetée (aucune largeur de bande n'est disponible pour l'envoi de trames PROBE).<br>3 – Rejetée (la demande de largeur de bande pour l'envoi de trames PROBE n'a pas encore été traitée).<br>4 – Rejetée (la fenêtre d'estimation de canal est actuellement indisponible).<br>5 à 7 – Réservés par l'UIT-T (Note). |
| Réservé  |        | [7:3]   | Réservé par l'UIT-T (Note).  |
| NOTE – Les bits qui sont réservés par l'UIT-T doivent être mis à zéro par l'émetteur et ne pas être pris en compte par le récepteur. |        |         |  |

#### 8.11.1.7.14 Format de MCE\_ProbeRequest.ind

La liste MMPL du message MCE\_ProbeRequest.ind se présente sous le format défini au Tableau 8-22.

**Tableau 8-22 – Format de la liste MMPL du message MCE\_ProbeRequest.ind**

| Champ              | Octet | Bits   | Description  |
|--------------------|-------|--------|--|
| CE_BMAT_ID         | 0     | [4:0]  | Ce champ indique le BMAT_ID associé à la table BMAT d'exécution qui doit être créée par l'estimation de canal. Son format respecte les prescriptions du Tableau 7-3.   |
| CE_PRB_DEFAULT_IND |       | [5]    | Lorsque ce champ est défini sur 1, les paramètres contenus dans ce message (CE_PRB_PARM) remplacent les paramètres existants pour la trame PROBE par défaut pour ce nœud (SID), quand celui-ci reçoit une transmission du nœud destinataire (DID). |
| Réservé            |       | [7:6]  | Réservé par l'UIT-T (Note).  |
| CE_PRB_PARM        | 1 à 5 | [39:0] | Voir le Tableau 8-23.  |

NOTE – Les bits qui sont réservés par l'UIT-T doivent être mis à zéro par l'émetteur et ne pas être pris en compte par le récepteur.

**Tableau 8-23 – Format du champ CE\_PRB\_PARM**

| Champ              | Octet | Bits  | Description  |
|--------------------|-------|-------|--|
| CE_PR_PRBTYPE      | 0     | [3:0] | Ce champ indique le type de trame PROBE demandé par le récepteur. Son format respecte les prescriptions du Tableau 7-8.  |
| CE_PR_PRBFN        |       | [7:4] | Ce champ indique le nombre de trames PROBE que doit envoyer l'émetteur en réponse à chaque demande d'émission de trame PROBE. Il est codé comme indiqué au Tableau 8-103 de la Recommandation [UIT-T G.9961]. L'émetteur peut envoyer plusieurs trames PROBE sur une même fenêtre d'estimation de canal. |
| CE_PR_PRBSYM       |       | [3:0] | Ce champ indique le nombre total de symboles de sonde demandé par le récepteur. Son format respecte les prescriptions du Tableau 7-41 de la Recommandation [UIT-T G.9960].   |
| CE_PR_PRBGI        |       | [6:4] | Ce champ indique l'intervalle de garde des symboles de sonde demandé par le récepteur. Son format respecte les prescriptions du Tableau 7-14 de la Recommandation [UIT-T G.9960].  |
| Réservé            |       | [7]   | Réservé par l'UIT-T (Note 1).  |
| CE_PR_APSD_MAX     | 2     | [4:0] | Ce champ indique la PSD réelle maximale des trames PROBE demandée par le récepteur. Son format respecte les prescriptions du paragraphe 7.1.2.3.2.7.4. (Note 3)  |
| CE_PR_APSD_MAX_EXT |       | [5]   | Ce champ indique l'extension de PSD réelle maximale des trames PROBE demandée par le récepteur. Son format respecte les prescriptions du paragraphe 7.1.2.3.2.7.1.7 de la Recommandation [UIT-T G.9960]. (Note 3)  |

**Tableau 8-23 – Format du champ CE\_PRB\_PARM**

| <b>Champ</b>   | <b>Octet</b> | <b>Bits</b> | <b>Description</b>   |
|--|--------------|-------------|--|
| Réservé  |              | [7:6]       | Réservé par l'UIT-T (Note 1).  |
| PRB_BMAT_ID  | 3            | [4:0]       | Ce champ indique le BMAT_ID (prédéfini ou d'exécution) correspondant à la table MAT qui doit être utilisée par la trame PROBE dans le mappeur de port Tx lorsque le champ CE_PR_PRBTYPPE demande l'envoi d'une trame PROBE dans le cadre d'une estimation de canal pour deux flux spatiaux.<br>Le BMAT_ID indiqué dans ce champ doit être valable. Si ce champ transmet un BMAT_ID prédéfini, les valeurs valables pour l'estimation du canal sont 3, 7 et 11.<br>Ce champ est valable uniquement lorsque le champ CE_PR_PRBTYPPE demande une trame PROBE d'estimation de canal pour deux flux spatiaux (PRBTYPPE = 1000 <sub>2</sub> ). Dans les autres cas, ce champ est mis à zéro et il n'est pas pris en compte par le récepteur. |
| Réservé  |              | [7:5]       | Réservé par l'UIT-T (Note).  |
| CE_PR_NUM_SILENT_SYM   | 4            | [5:0]       | Ce champ indique le nombre de symboles muets demandé par le récepteur. Son format respecte les prescriptions du paragraphe 7.1.2.3.2.7.2.3.3.<br>Ce champ est valable uniquement lorsque le champ CE_PR_PRBTYPPE demande une trame PROBE d'estimation de canal pour deux flux spatiaux (PRBTYPPE = 1000 <sub>2</sub> ). Dans les autres cas, ce champ est mis à zéro et il n'est pas pris en compte par le récepteur. (Note 2)   |
| Réservé  |              | [7:6]       | Réservé par l'UIT-T (Note 1)   |
| <p>NOTE 1 – Les bits qui sont réservés par l'UIT-T doivent être mis à zéro par l'émetteur et ne pas être pris en compte par le récepteur.</p> <p>NOTE 2– Les premiers symboles (CE_PR_PRBSYM – CE_PR_NUM_SILENT_SYM) de la trame PROBE d'estimation de canal 2 SS sont normaux (non muets).</p> <p>NOTE 3 – Il incombe au récepteur de définir les valeurs CE_PR_APSD_MAX et CE_PR_APSD_MAX_EXT en tenant compte des limites et des capacités de l'émetteur en matière de PSD dont il a connaissance (voir le paragraphe 7.1.5).</p> |              |             |  |

#### **8.11.1.7.15 Format de MCE\_Cancellation.req**

La liste MMPL du message MCE\_Cancellation.req se présente sous le format défini au Tableau 8-24.

**Tableau 8-24 – Format de la liste MMPL du message MCE\_Cancellation.req**

| <b>Champ</b>   | <b>Octet</b> | <b>Bits</b> | <b>Description</b>  |
|--|--------------|-------------|---|
| CE_BMAT_ID   | 0            | [4:0]       | Ce champ indique l'identificateur d'estimation de canal à annuler. Son format respecte les prescriptions du Tableau 7-3.  |
| USE_RCM  |              | [5]         | Lorsqu'il est défini sur un, ce champ indique que l'émetteur peut utiliser le mode RCM avec les paramètres indiqués dans les champs (nouvelle taille de bloc, nouveau débit de codage FEC, identificateur du plan de bande et nombre de répétitions). Il est mis à zéro dans le cas contraire.                    |
| Réservé  |              | [7:6]       | Réservé par l'UIT-T (Note).   |
| Nouvelle taille de bloc  | 1            | [1:0]       | Lorsque USE_RCM est défini sur un, ce champ indique la taille de bloc (BLKSZ) proposée pour le mode RCM. Son format respecte les prescriptions du Tableau 7-7 de la Recommandation [UIT-T G.9960]. Il est défini sur 00 <sub>2</sub> dans le cas contraire.   |
| Nouveau débit de codage FEC  |              | [4:2]       | Lorsque USE_RCM est défini sur un, ce champ indique le débit de codage FEC (FEC_RATE) proposé pour le mode RCM. Son format respecte les prescriptions du Tableau 7-12 de la Recommandation [UIT-T G.9960]. Il est défini sur 000 <sub>2</sub> dans le cas contraire.  |
| OFB ID   |              | [7:5]       | Lorsque USE_RCM est défini sur un, ce champ indique la bande de fréquences de fonctionnement (OFB) sur la base de laquelle sont proposés les paramètres RCM. Son format respecte les prescriptions du Tableau 7-11 de la Recommandation [UIT-T G.9960]. Il est défini sur 000 <sub>2</sub> dans le cas contraire. |
| Répétitions  | 2            | [2:0]       | Lorsque USE_RCM est défini sur un, ce champ indique le nombre de répétitions proposé pour le mode RCM. Son format respecte les prescriptions du Tableau 7-9 de la Recommandation [UIT-T G.9960]. Il est défini sur 000 <sub>2</sub> dans le cas contraire.  |
| RCM_BAT_ID   |              | [3]         | Lorsque USE_RCM est défini sur un, ce champ indique la table BAT prédéfinie associée au mode RCM. Il est défini sur la valeur suivante:<br>0, quand une table BAT prédéfinie de type 1 est employée;<br>1, quand une table BAT prédéfinie de type 2 est employée.   |
| Réservé  |              | [7:4]       | Réservé par l'UIT-T (Note).   |
| RCM_GI_ID  | 3            | [2:0]       | Lorsque USE_RCM est défini sur un, ce champ indique le GI_ID associé au mode RCM. Son format respecte les prescriptions du Tableau 7-14 de la Recommandation [UIT-T G.9960].  |
| Réservé  |              | [7:3]       | Réservé par l'UIT-T (Note).   |
| NOTE – Les bits qui sont réservés par l'UIT-T doivent être mis à zéro par l'émetteur et ne pas être pris en compte par le récepteur. |              |             |   |

#### 8.11.1.7.16 Format de MCE\_BmatIdMaintain.ind

La liste MMPL du message MCE\_BmatIdMaintain.ind se présente sous le format défini au Tableau 8-25.

**Tableau 8-25 – Format de la liste MMPL du message MCE\_BmatIdMaintain.ind**

| Champ                       | Octet  | Bits   | Description   |
|-----------------------------|--------|--------|---|
| VALID_BMAT_ID               | 0 et 1 | [15:0] | Ce champ contient une suite binaire indiquant les tables BMAT d'exécution valables pour le présent nœud (SID), quand celui-ci reçoit une transmission du nœud destinataire (DID). Chaque bit est associé à une table BMAT d'exécution. Le bit 0 de VALID_BMAT_ID est défini si le BMAT_ID 16 d'exécution est valable. Le bit 11 de VALID_BMAT_ID est défini si le BMAT_ID 27 d'exécution est valable. |
| NUM_TX_AVAIL_BMATS_NO_PREC  | 2      | [3:0]  | Ce champ contient le nombre de tables BMAT d'exécution disponibles, en considérant que $G = 1$ et qu'aucun précodage n'est appliqué, que peut prendre en charge le présent nœud (SID) lorsqu'il émet vers le nœud destinataire (DID). Les valeurs admissibles vont de 0 à 12.   |
| NUM_TX_AVAIL_BMATS_PREC     |        | [7:4]  | Ce champ contient le nombre de tables BMAT d'exécution disponibles, en considérant que $G = 1$ et $PG = 1$ (les paramètres de précodage étant quantifiés sur 8 bits), que peut prendre en charge le présent nœud (SID) lorsqu'il émet vers le nœud destinataire (DID). Les valeurs admissibles vont de 0 à 12.  |
| Nouvelle taille de bloc     | 3      | [1:0]  | Ce champ indique la taille de bloc (BLKSZ) proposée pour le mode RCM, en l'absence de table BAT d'exécution (Note 2). Son format respecte les prescriptions du Tableau 7-7 de la Recommandation [UIT-T G.9960]. Il est mis à 0 dans le cas contraire.   |
| Nouveau débit de codage FEC |        | [4:2]  | Ce champ indique le débit de codage FEC (FEC_RATE) proposé pour le mode RCM, en l'absence de table BAT d'exécution (Note 2). Son format respecte les prescriptions du Tableau 7-12 de la Recommandation [UIT-T G.9960]. Il est mis à 0 dans le cas contraire.   |
| OFB ID                      |        | [7:5]  | Ce champ indique la bande de fréquences de fonctionnement sur la base de laquelle sont proposés les paramètres du mode RCM, en l'absence de table BAT d'exécution (Note 2). Son format respecte les prescriptions du Tableau 7-11 de la Recommandation [UIT-T G.9960]. Il est mis à 0 dans le cas contraire.  |
| Répétitions                 | 4      | [2:0]  | Ce champ indique le nombre de répétitions proposé pour le mode RCM, en l'absence de table BAT d'exécution (Note 2). Son format respecte les prescriptions du Tableau 7-9 de la Recommandation [UIT-T G.9960]. Il est mis à 0 dans le cas contraire.   |
| RCM_BAT_ID                  |        | [3]    | Ce champ indique la table BAT prédéfinie proposée pour le mode RCM, en l'absence de BAT d'exécution (Note 2). Il est défini sur la valeur suivante:<br>0, quand une table BAT prédéfinie de type 1 est employée;<br>1, quand une table BAT prédéfinie de type 2 est employée.   |
| Réservé                     |        | [7:4]  | Réservé par l'UIT-T (Note 1).   |
| RCM_GI_ID                   | 5      | [2:0]  | Ce champ indique l'identificateur de l'intervalle de garde proposé pour le mode RCM, en l'absence de table BAT  |

**Tableau 8-25 – Format de la liste MMPL du message MCE\_BmatIdMaintain.ind**

| Champ  | Octet | Bits  | Description  |
|--|-------|-------|--|
|  |       |       | d'exécution (Note 2). Son format respecte les prescriptions du Tableau 7-14 de la Recommandation [UIT-T G.9960]. |
| Réservé  |       | [7:3] | Réservé par l'UIT-T (Note 1).  |
| NOTE 1 – Les bits qui sont réservés par l'UIT-T doivent être mis à zéro par l'émetteur et ne pas être pris en compte par le récepteur. |       |       |  |
| NOTE 2 – Les tables BAT d'exécution peuvent être disponibles uniquement sur des périodes données (voir le Tableau 8-93).               |       |       |  |

#### 8.11.1.7.17 Format de MCE\_Cancellation.cnf

La liste MMPL du message MCE\_Cancellation.cnf se présente sous le format défini au Tableau 8-26.

**Tableau 8-26 – Format de la liste MMPL du message MCE\_Cancellation.cnf**

| Champ  | Octet | Bits  | Description   |
|--|-------|-------|---|
| CE_BMAT_ID   | 0     | [4:0] | Ce champ indique le BMAT_ID qui figure dans le message MCE_Cancellation.req reçu.   |
| État de la demande   |       | [7:5] | 0 – L'estimation de canal a été annulée avec succès.<br>1 – Aucune estimation de canal n'est en cours pour ce CE_BMAT_ID.<br>2 à 7 – Réservés par l'UIT-T (Note). |
| NOTE – Les bits qui sont réservés par l'UIT-T doivent être mis à zéro par l'émetteur et ne pas être pris en compte par le récepteur. |       |       |   |

#### 8.12 Gestion de la connexion

Voir le paragraphe 8.12 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

#### 8.13 Envoi massif de messages

Voir le paragraphe 8.13 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

#### 8.14 Fonctionnement en présence de domaines voisins – Coordination de domaines distribuée (NDIM)

Voir le paragraphe 8.14 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

#### 8.15 Coexistence avec des réseaux étrangers sur ligne électrique

Voir le paragraphe 8.15 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

#### 8.16 Protocole de liaison en multidiffusion sur la couche PHY

La liaison en multidiffusion sur la couche physique (PHY) est définie dans le cas d'un seul flux spatial. L'émetteur peut employer l'un des deux systèmes d'émission ci-après lorsqu'il émet vers un groupe de multidiffusion sur la couche PHY (voir la Note de bas de Tableau 7-1):

- transmission UIT-T G.9960;
- transmission MIMO, la charge utile étant sous la forme d'un seul flux spatial.

Les transmissions vers un groupe de multidiffusion sur la couche PHY utilisant deux flux spatiaux (correspondant aux modes MIMO 0, 1 et 2) doivent faire l'objet d'une étude plus approfondie.

Voir le paragraphe 8.16 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

### **8.17 Flux multidiffusé sur la couche DLL**

Voir le paragraphe 8.17 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

### **8.18 Interopérabilité entre plans de bande**

Voir le paragraphe 8.18 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

### **8.19 Échange d'informations sur les nœuds et leurs capacités**

Voir le paragraphe 8.19 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

### **8.20 Acquisition de mesures**

Voir le paragraphe 8.20 de la Recommandation [UIT-T G.9961]

### **8.21 Fonctionnement en modes d'économie d'énergie**

Voir le paragraphe 8.21 de la Recommandation [UIT-T G.9961]

### **8.22 Protocole de configuration et de gestion de couche 2 (LCMP)**

Voir le paragraphe 8.22 de la Recommandation [UIT-T G.9961]

### **8.23 Transmission MIMO**

Comme indiqué aux paragraphes précédents, un émetteur-récepteur MIMO est capable d'émettre en utilisant les deux systèmes de transmission suivants:

- transmission UIT-T G.9960 s'appuyant sur les modèles de référence et le format de trame PHY définis dans la Recommandation [UIT-T G.9960];
- transmission MIMO s'appuyant sur les modèles de référence et le format de trame PHY définis dans la Recommandation [UIT-T G.9963].

Les sous-paragraphes suivants traitent uniquement de la transmission MIMO et décrivent les différents modes de fonctionnement dans les deux cas de figure rencontrés avec ce type de transmission, à savoir le cas où la charge utile est créée sous la forme d'un seul flux spatial et le cas où elle est créée sous la forme de deux flux spatiaux.

#### **8.23.1 Transmission MIMO lorsque la charge utile est sous la forme d'un seul flux spatial**

Une transmission MIMO dont la charge utile est sous la forme d'un seul flux spatial (cas 4b, 5, 6 et 7 du Tableau 7-1) peut s'appuyer sur des BAT prédéfinies ou des BAT d'exécution. Elle repose sur le système de transmission MIMO à un seul flux spatial décrit au paragraphe 7.1.2.1 et utilise la matrice *TPM* 1 définie au paragraphe 7.1.4.4.1.2.

#### **8.23.2 Transmission MIMO lorsque la charge utile est sous la forme de deux flux spatiaux**

Une transmission MIMO dont la charge utile est sous la forme de deux flux spatiaux peut s'appuyer sur des tables BMAT prédéfinies (qui associent des tables BAT prédéfinies et un mappage des ports Tx également prédéfini), ou sur des tables BMAT d'exécution comme décrit au paragraphe 7.1.2.3.2.2.8.

Les différentes possibilités de transmission MIMO lorsque la charge utile est créée sous la forme de deux flux spatiaux et qu'il est fait appel à des tables BMAT prédéfinies sont détaillées au Tableau 7-3 du paragraphe 7.1.2.3.2.2.8. Les options sont les suivantes:

- transmissions sur un seul port, avec la matrice *TPM* 3 (pour les transmissions sur le port Tx 1) ou *TPM* 4 (pour les transmissions sur le port Tx 2); les *BMAT\_ID* vont de 0 à 7;

- transmissions sur les deux ports Tx, avec la matrice *TPM 0*; les *BMAT\_ID* vont de 8 à 11.

Une transmission MIMO dont la charge utile est créée sous la forme de deux flux spatiaux et qui fait appel à des tables *BMAT* d'exécution respecte l'un des trois modes de fonctionnement ci-après. Ces modes de fonctionnement précisent les paramètres de transmission utilisés pour générer le signal d'émission. Ils concernent la série complète de sous-porteuses, et non une sous-porteuse en particulier. Deux de ces modes nécessitent un retour d'information du récepteur à l'émetteur; ce sont des modes dits "à boucle fermée", le troisième étant dit "à boucle ouverte" car il ne nécessite pas un tel retour d'information.

On définit les modes de fonctionnement suivants:

1) Mode 0:

- Boucle ouverte
- Mappage des ports Tx: sans précodage. En ce qui concerne les sous-porteuses dont les bits chargés sur les deux flux spatiaux proviennent du bloc de charge utile codé ou du registre LFSR,
  - si les deux tables *BAT* utilisent des valeurs sur la plage de 0 à 12 pour les deux flux spatiaux, la matrice *TPM 0* est appliquée;
  - si la table *BAT* du flux spatial 1 utilise la valeur spéciale 15, la matrice *TPM 4* est appliquée; ou
  - si la table *BAT* du flux spatial 2 utilise la valeur spéciale 15, la matrice *TPM 3* est appliquée.

2) Mode 1:

- Boucle fermée
- Mappage de port Tx: en ce qui concerne les sous-porteuses dont les bits chargés sur les deux flux spatiaux proviennent du bloc de charge utile codé ou du registre LFSR,
  - si les deux tables *BAT* utilisent des valeurs sur la plage de 0 à 12 pour les deux flux spatiaux, la matrice *TPM 5* est appliquée;
  - si la table *BAT* du flux spatial 1 utilise la valeur spéciale 15, la matrice *TPM 7* est appliquée; ou
  - si la table *BAT* du flux spatial 2 utilise la valeur spéciale 15, la matrice *TPM 6* est appliquée.

3) Mode 2:

- Boucle fermée
- Mappage des ports Tx: en ce qui concerne les sous-porteuses dont les bits chargés sur les deux flux spatiaux proviennent du bloc de charge utile codé ou du registre LFSR spatiaux,
  - si les deux tables *BAT* utilisent des valeurs sur la plage de 0 à 12 pour les deux flux spatiaux, la matrice *TPM 5* est appliquée;
  - si la table *BAT* du flux spatial 1 utilise la valeur spéciale 15, la matrice *TPM 4* est appliquée;
  - si la table *BAT* du flux spatial 2 utilise la valeur spéciale 15, la matrice *TPM 3* est appliquée.

Le mode de fonctionnement, qui est associé à un *BMAT\_ID* spécifique, est indiqué par le champ "Indicateur de mode MIMO" dans le message *MCE\_ParamUpdate.req* (voir le Tableau 8-6).

Les tables BAT servent à coder, pour chaque sous-porteuse, les informations des ports Tx décrites plus haut pour chacun des trois modes de fonctionnement. Le codage est effectué comme détaillé au tableau suivant:

**Tableau 8-27 – Matrice de mappage des ports Tx pour une sous-porteuse donnée**

| Codage du chargement des bits dans la table BAT |                      | Mode MIMO    |              |              |
|---|----------------------|--------------|--------------|--------------|
| Flux spatial 1                                  | Flux spatial 2       | Mode 0       | Mode 1       | Mode 2       |
| $0 \leq x_1 \leq 12$                            | $0 \leq x_2 \leq 12$ | <i>TPM 0</i> | <i>TPM 5</i> | <i>TPM 5</i> |
| 15  | $0 \leq x_2 \leq 12$ | <i>TPM 4</i> | <i>TPM 7</i> | <i>TPM 4</i> |
| $0 \leq x_1 \leq 12$                            | 15                   | <i>TPM 3</i> | <i>TPM 6</i> | <i>TPM 3</i> |

NOTE – Les combinaisons de  $x_1$  et  $x_2$  qui ne figurent pas dans ce tableau ne sont pas valables.

C'est le récepteur qui détermine le mode de fonctionnement, lequel est associé à un *BMAT\_ID* spécifique.

Dans le mode 0, le récepteur envoie un message *MCE\_ParamUpdate.req* ou *MCE\_PartialBmatUpdate.req* à l'émetteur dans le cadre de la procédure d'estimation de canal (voir le paragraphe 8.11.1). Les messages comprennent les paramètres suivants:

- l'indicateur de mode MIMO (uniquement dans le message *MCE\_ParamUpdate.req*);
- les tables BAT pour les deux flux spatiaux;
- le groupement dans les tables BAT (*G*).

Dans le mode 1 ou le mode 2, le récepteur envoie un message *MCE\_ParamUpdate.req* ou *MCE\_PartialBmatUpdate.req* à l'émetteur. Les messages comprennent les paramètres suivants, en plus de ceux déjà mentionnés pour le mode 0:

- les angles de précodage;
- le groupement de précodage (*PG*).

#### **8.24 Compression des longueurs de plage des champs des messages de gestion**

Voir le paragraphe 8.23 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

#### **8.25 Compression de la charge utile dans les messages de gestion**

Voir le paragraphe 8.24 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

#### **8.26 Pool de multiplets TLV**

Voir le paragraphe 8.25 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

### **9 Sécurité**

Voir le paragraphe 9 de la Recommandation [UIT-T G.9961].

## **Annexe A**

### **Exigences régionales pour l'Amérique du Nord**

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

Voir l'Annexe A de la Recommandation [UIT-T G.9960].

## **Annexe B**

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

Voir l'Annexe B de la Recommandation [UIT-T G.9960].

NOTE – L'Annexe B de la Recommandation [UIT-T G.9960] a été intentionnellement laissée en blanc.

## **Annexe C**

### **Exigences régionales pour le Japon**

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

Voir l'Annexe C de la Recommandation [UIT-T G.9960].

## **Annexe D**

### **Bandes radioamateur internationales**

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

Voir l'Annexe D de la Recommandation [UIT-T G.9964].

## **Annexe E**

### **Impact de la Recommandation UIT-T G.9960 sur le service de ligne d'abonné numérique à très haute vitesse 2**

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

Voir l'Annexe E de la Recommandation [UIT-T G.9964].

## **Annexe F**

(Cette annexe a été intentionnellement laissée en blanc.)

## **Annexe G**

### **Vecteurs de test**

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

Voir l'Annexe G de la Recommandation [UIT-T G.9960].

[NOTE – Les vecteurs de test pour le profil OFB 2 doivent faire l'objet d'une étude plus approfondie.](#)

## **Annexe H**

### **Sous-couche de convergence des protocoles d'application**

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

Voir l'Annexe A de la Recommandation [UIT-T G.9961].

## **Annexe I**

### **Interopérabilité des transmissions sur les bandes OFB de profil 1 et de profil 2**

[\(Cette annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation.\)](#)

[Voir l'Annexe J de la Recommandation \[UIT-T G.9960\].](#)

## **Annexe J**

### **IEEE 802.1X – Contrôle d'accès au réseau fondé sur le port**

[\(Cette annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation.\)](#)

[Voir l'Annexe D de la Recommandation \[UIT-T G.9961\].](#)

## **Annexe K à Annexe W**

[Les Annexes K à W ont été intentionnellement laissées en blanc.](#)

## **Annexe X**

### **Vecteurs de test**

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

Voir l'Annexe X de la Recommandation [UIT-T G.9961].



## 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   |
| <b>Série G</b> | <b>Systemes et supports de transmission, systemes et reseaux numeriques</b>   |
| Série H        | Systemes audiovisuels et multimédias  |
| Série I        | Reseau numerique 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        | Équipements terminaux de télégraphie  |
| Série T        | Terminaux des services télématiques   |
| Série U        | Commutation télégraphique   |
| Série V        | Communications de données sur le réseau 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  |