

Union internationale des télécommunications

**UIT-T**

SECTEUR DE LA NORMALISATION  
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
DE L'UIT

**G.9901**

(06/2017)

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

Réseaux d'accès – Réseaux intérieurs

---

**Emetteurs-récepteurs de courants porteurs en  
ligne à multiplexage par répartition orthogonale  
de la fréquence à bande étroite – Spécification  
de la densité spectrale de puissance**

Recommandation UIT-T G.9901

UIT-T



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

|   |                      |
|---|----------------------|
| CONNEXIONS ET CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX   | G.100–G.199          |
| CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES COMMUNES À TOUS LES SYSTÈMES ANALOGIQUES À COURANTS PORTEURS   | G.200–G.299          |
| CARACTÉRISTIQUES INDIVIDUELLES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX À COURANTS PORTEURS SUR LIGNES MÉTALLIQUES                                       | G.300–G.399          |
| CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX HERTZIENS OU À SATELLITES ET INTERCONNEXION AVEC LES SYSTÈMES SUR LIGNES MÉTALLIQUES | G.400–G.449          |
| COORDINATION DE LA RADIOTÉLÉPHONIE ET DE LA TÉLÉPHONIE SUR LIGNES   | G.450–G.499          |
| CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION ET DES SYSTÈMES OPTIQUES  | G.600–G.699          |
| EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES  | G.700–G.799          |
| RÉSEAUX NUMÉRIQUES  | G.800–G.899          |
| SECTIONS NUMÉRIQUES ET SYSTÈMES DE LIGNES NUMÉRIQUES  | G.900–G.999          |
| 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.9901

## Émetteurs-récepteurs de courants porteurs en ligne à multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence à bande étroite – Spécification de la densité spectrale de puissance

### Résumé

La Recommandation UIT-T G.9901 spécifie la tension de sortie transmise dans la bande 9-535 kHz, les paramètres de commande qui déterminent le contenu spectral, le gabarit requis de densité spectrale de puissance (PSD), un ensemble d'outils permettant de réduire la densité PSD à l'émission, des moyens permettant de mesurer cette densité PSD pour la transmission sur des lignes électriques, ainsi que la puissance d'émission totale admissible dans une impédance de terminaison déterminée.

La Recommandation UIT-T G.9901 complète en outre les spécifications de l'architecture de système, de la couche physique (PHY) et de la couche liaison de données (DLL) contenues dans les Recommandations UIT-T G.9902 (G.hnem), UIT-T G.9903 (G3-PLC) et UIT-T G.9904 (PRIME).

La présente édition contient les modifications suivantes:

- L'application des limites relatives à la tension de sortie fixées pour le plan de bande FCC-2 UIT-T G.9902 a été élargie aux technologies UIT-T G.9903 et ces limites ont donc été insérées dans le corps de la Recommandation. On s'est efforcé, autant que possible, de faire référence aux normes existantes.
- Des précisions concernant la fonctionnalité de masquage de tonalité ont été apportées dans l'Annexe B.

### Historique

| Edition | Recommandation             | Approbation | Commission d'études | ID unique*  |
|---------|----------------------------|-------------|---------------------|---|
| 1.0     | UIT-T G.9901               | 20-11-2012  | 15                  | <a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/11827">11.1002/1000/11827</a> |
| 1.1     | UIT-T G.9901 (2012) Amd. 1 | 12-07-2013  | 15                  | <a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/11895">11.1002/1000/11895</a> |
| 2.0     | UIT-T G.9901               | 04-04-2014  | 15                  | <a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/12089">11.1002/1000/12089</a> |
| 3.0     | UIT-T G.9901               | 30-06-2017  | 15                  | <a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/13171">11.1002/1000/13171</a> |

### Mots clés

Courants porteurs en ligne à bande étroite, densité spectrale de puissance, limite des émissions par conduction, G3-PLC, PRIME.

\* 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 considère que la Recommandation est respectée lorsque toutes ces dispositions sont observées. Le futur d'obligation et les autres moyens d'expression de l'obligation comme le verbe "devoir" ainsi que leurs formes négatives servent à énoncer des prescriptions. L'utilisation de ces formes ne signifie pas qu'il est obligatoire de respecter la Recommandation.

## DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

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

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT avait été avisée de l'existence d'une propriété intellectuelle protégée par des brevets à acquérir pour mettre en œuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux développeurs de consulter la base de données des brevets du TSB sous <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2017

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>   |
|-----|---|
| 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 ..... 2   |
| 5   | Conventions ..... 2   |
| 6   | Spécifications de la tension de sortie transmise se rapportant à la bande 3 kHz-148,5 kHz ..... 2                                     |
| 7   | Spécifications de la tension de sortie transmise se rapportant à la bande 148,5 kHz-535 kHz ..... 2                                   |
| 7.1 | Réseau électrique fictif ..... 3  |
|     | Annexe A – Spécifications de la densité spectrale de puissance pour les émetteurs-récepteurs G.hnem..... 4                            |
| A.1 | Spécifications relatives aux bandes de fréquences ..... 4   |
| A.2 | Gabarit de densité spectrale de puissance à l'émission..... 7   |
|     | Annexe B – Spécifications de la densité spectrale de puissance pour les émetteurs-récepteurs de courants porteurs en ligne G3 ..... 8 |
| B.1 | Spécifications relatives aux bandes de fréquences ..... 8   |
| B.2 | Gabarit de densité spectrale de puissance à l'émission..... 9   |
|     | Annexe C – Spécifications de la densité spectrale de puissance pour les émetteurs-récepteurs PRIME ..... 12                           |
| C.1 | Introduction ..... 12   |
| C.2 | Paramètres de la couche PHY ..... 13  |
| C.3 | Plan de bande CENELEC..... 13   |



# Recommandation UIT-T G.9901

## Émetteurs-récepteurs de courants porteurs en ligne à multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence à bande étroite – Spécification de la densité spectrale de puissance

### 1 Domaine d'application

La présente Recommandation spécifie les paramètres de commande qui déterminent le contenu spectral, le gabarit requis de densité spectrale de puissance (PSD, *power spectral density*), un ensemble d'outils permettant de réduire la densité PSD à l'émission, les moyens permettant de mesurer cette densité PSD pour la transmission sur des lignes électriques, ainsi que la puissance d'émission totale admissible dans une impédance de terminaison déterminée. Elle complète les spécifications de l'architecture de système, de la couche physique (PHY) et de la couche liaison de données (DLL) contenues dans les Recommandations [UIT-T G.9902] (G.hnem), [UIT-T G.9903] (G3-PLC) et [UIT-T G.9904] (PRIME).

### 2 Références

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

- [UIT-T G.9902]      Recommandation UIT-T G.9902 (2012), *Émetteurs-récepteurs OFDM à bande étroite utilisant les courants porteurs en ligne – G.hnem*.
- [UIT-T G.9903]      Recommandation UIT-T G.9903 (2014), *Émetteurs-récepteurs OFDM à bande étroite utilisant les courants porteurs en ligne – G3-PLC*.
- [UIT-T G.9904]      Recommandation UIT-T G.9904 (2012), *Émetteurs-récepteurs OFDM à bande étroite utilisant les courants porteurs en ligne – PRIME*.
- [CEI 61334-5-1]      CEI 61334-5-1:2001, *Automatisation de la distribution à l'aide de systèmes de communication à courants porteurs – Partie 5-1: Profils de couches basses – Profil S-FSK (modulation par saut de fréquences étalées)*.
- [CISPR 16-1-2]      CISPR 16-1-2:2014, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1-2: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Dispositifs de couplage pour les mesures des perturbations par conduction*.
- [EN 50065-1]      EN 50065-1:2011, *Transmission de signaux sur les réseaux électriques basse tension dans la bande de fréquences de 3 kHz à 148,5 kHz – Partie 1: Règles générales, bandes de fréquences et perturbations électromagnétiques*.
- [ARIB STD-T84]      ARIB STD-T84 (2002), *Power line communication equipment (10 kHz-450 kHz)*.

## 3 Définitions

### 3.1 Termes définis ailleurs

La présente Recommandation utilise le terme suivant défini ailleurs:

**3.1.1 plan de bande** [UIT-T G.9902]: plage spécifique du spectre des fréquences définie par une fréquence inférieure et une fréquence supérieure.

### 3.2 Termes définis dans la présente Recommandation

Aucun.

## 4 Abréviations et acronymes

La présente Recommandation utilise les abréviations et acronymes suivants:

|        |  |
|--------|--|
| AMN    | réseau électrique fictif ( <i>artificial mains network</i> )   |
| CES    | service d'émulation de circuit ( <i>circuit emulation service</i> )  |
| CPL    | courants porteurs en ligne   |
| CPL-BE | courants porteurs en ligne à bande étroite   |
| DLL    | couche de liaison de données ( <i>data link layer</i> )  |
| FCH    | en-tête de commande de trame ( <i>frame control header</i> )   |
| FFT    | transformée rapide de Fourier ( <i>fast Fourier transform</i> )  |
| LV     | basse tension ( <i>low voltage</i> )   |
| OFDM   | multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence ( <i>orthogonal frequency division multiplexing</i> ) |
| PFH    | en-tête de trame de la couche PHY ( <i>PHY frame header</i> )  |
| PHY    | couche Physique  |
| PMSC   | sous-porteuse masquée en permanence ( <i>permanently masked subcarrier</i> )                                   |
| PSD    | densité spectrale de puissance ( <i>power spectral density</i> )   |
| S-FSK  | modulation par saut de fréquences étalées ( <i>spread frequency shift keying</i> )                             |

## 5 Conventions

Néant.

## 6 Spécifications de la tension de sortie transmise se rapportant à la bande 3 kHz-148,5 kHz

Pour l'Europe, la norme [EN 50065-1] s'applique.

## 7 Spécifications de la tension de sortie transmise se rapportant à la bande 148,5 kHz-535 kHz

Les limites suivantes doivent être respectées:

- 1) La tension du signal de sortie mesurée au moyen d'un détecteur de crête avec une largeur de bande de 200 Hz n'importe où dans la bande de fréquences ne doit pas dépasser 120 dB ( $\mu\text{V}$ ) lorsque le chargement se fait sur un réseau fictif (AMN).

- 2) La tension du signal de sortie mesurée au moyen d'un détecteur de crête sur toute la bande ne doit pas dépasser 137 dB ( $\mu\text{V}$ ) lorsque le chargement se fait sur un réseau AMN.
- 3) La tension du signal de sortie à l'extérieur de la bande 148,5 kHz-535 kHz doit être conforme à la norme [EN 50065-1].

### **7.1 Réseau électrique fictif**

Le réseau AMN doit être conforme aux dispositions du paragraphe 4.4 de la norme [CISPR 16-1-2].

Le montage à utiliser pour les tests doit être conforme à la Figure 4 de la norme [EN 50065-1] pour les systèmes CPL monophasés et à la Figure 6 de la norme [EN 50065-1] pour les systèmes CPL triphasés.

## Annexe A

### Spécifications de la densité spectrale de puissance pour les émetteurs-récepteurs G.hnem

(La présente annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation.)

NOTE – La présente annexe contient les spécifications de la PSD relatives à [UIT-T G.9902].

#### A.1 Spécifications relatives aux bandes de fréquences

Pour que la conformité avec la présente Recommandation soit assurée, il est obligatoire de prendre en charge au moins l'un des plans de bande CENELEC ou l'un des plans de bande FCC.

##### A.1.1 Bande CENELEC

Dans la bande CENELEC (3 kHz-148,5 kHz), les noeuds utilisent les paramètres de commande définis dans le Tableau A.1 (voir le § 8.4.7 de [UIT-T G.9902]).

**Tableau A.1 – Paramètres de commande de modulateur à multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence dans la bande CENELEC**

| Notation     | Valeur   |
|--------------|--|
| $N$          | 128  |
| $f_{sc}$     | 1,5625 kHz   |
| $N_{GI-PL}$  | 12 – 1, 2 mappage des bits<br>24 – 3, 4 mappage des bits |
| $N_{GI-HD}$  | 0  |
| $N_{GI-CES}$ | 0  |
| $\beta$      | 8  |
| $f_{us}$     | $64 \times f_{sc}$                                       |

La bande CENELEC est subdivisée en sous-bandes correspondant aux plans de bande A, B et CD décrits dans les § A.1.1.1 à A.1.1.3.

##### A.1.1.1 Plan de bande CENELEC-A

Les paramètres du plan de bande CENELEC-A sont définis dans le Tableau A.2.

**Tableau A.2 – Paramètres du plan de bande CENELEC-A**

| Notation  | Valeur           | Note   |
|---|------------------|--|
| $f_{DEBUT}$                                       | 35,9375 kHz      | Fréquence inférieure du plan de bande CENELEC-A (numéro de sous-porteuse 23) |
| $f_{FIN}$   | 90,625 kHz       | Fréquence supérieure du plan de bande CENELEC-A (numéro de sous-porteuse 58) |
| Indices des sous-porteuses masquées en permanence | 0 à 22, 59 à 127 | Paragraphe 8.4.2.1 de [UIT-T G.9902]   |

### A.1.1.2 Plan de bande CENELEC-B

Les paramètres du plan de bande CENELEC-B sont définis dans le Tableau A.3.

**Tableau A.3 – Paramètres du plan de bande CENELEC-B**

| Notation  | Valeur           | Note   |
|---|------------------|--|
| $f_{\text{DEBUT}}$                                | 98,4375 kHz      | Fréquence inférieure du plan de bande CENELEC-B (numéro de sous-porteuse 63) |
| $f_{\text{FIN}}$                                  | 120,3125 kHz     | Fréquence supérieure du plan de bande CENELEC-B (numéro de sous-porteuse 77) |
| Indices des sous-porteuses masquées en permanence | 0 à 62, 78 à 127 | Paragraphe 8.4.2.1 de [UIT-T G.9902]   |

### A.1.1.3 Plan de bande CENELEC-CD

Les paramètres du plan de bande CENELEC-CD sont définis dans le Tableau A.4.

**Tableau A.4 – Paramètres du plan de bande CENELEC CD**

| Notation  | Valeur           | Note  |
|---|------------------|---|
| $f_{\text{DEBUT}}$                                | 125 kHz          | Fréquence inférieure du plan de bande CENELEC-CD (numéro de sous-porteuse 80) |
| $f_{\text{FIN}}$                                  | 143,75 kHz       | Fréquence supérieure du plan de bande CENELEC-CD (numéro de sous-porteuse 92) |
| Indices des sous-porteuses masquées en permanence | 0 à 79, 93 à 127 | Paragraphe 8.4.2.1 de [UIT-T G.9902]  |

### A.1.2 Plans de bande FCC

Dans la bande FCC (9 kHz-490 kHz), les noeuds utilisent les paramètres de commande définis dans le Tableau A.5 (voir le § 8.4.7 de [UIT-T G.9902]).

**Tableau A.5 – Paramètres de commande de modulateur à multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence dans la bande FCC**

| Notation            | Valeur   |
|---------------------|--|
| $N$                 | 256  |
| $f_{\text{SC}}$     | 3,125 kHz  |
| $N_{\text{GI}}$     | 24 – 1, 2 mappage des bits<br>48 – 3, 4 mappage des bits |
| $N_{\text{GI-HD}}$  | 0  |
| $N_{\text{GI-CES}}$ | 0  |
| $\beta$             | 16   |
| $f_{\text{US}}$     | $128 \times f_{\text{SC}}$                               |

Les plans de bande FCC, FCC-1 et FCC-2 définis dans la bande FCC sont décrits dans les § A.1.2.1 à A.1.2.3. La possibilité d'y ajouter d'autres plans de bande sera étudiée ultérieurement.

### A.1.2.1 Plan de bande FCC

Les paramètres du plan de bande FCC sont définis dans le Tableau A.6.

**Tableau A.6 – Paramètres du plan de bande FCC**

| Notation  | Valeur            | Note  |
|---|-------------------|---|
| $f_{\text{DEBUT}}$                                | 34,375 kHz        | Fréquence inférieure du plan de bande FCC (numéro de sous-porteuse 11)  |
| $f_{\text{FIN}}$                                  | 478,125 kHz       | Fréquence supérieure du plan de bande FCC (numéro de sous-porteuse 153) |
| Indices des sous-porteuses masquées en permanence | 0 à 10, 154 à 255 | Paragraphe 8.4.2.1 de [UIT-T G.9902]                                    |

### A.1.2.2 Plan de bande FCC-1

Les paramètres du plan de bande FCC-1 sont définis dans le Tableau A.7.

**Tableau A.7 – Paramètres du plan de bande FCC-1**

| Notation  | Valeur           | Note   |
|---|------------------|--|
| $f_{\text{DEBUT}}$                                | 34,375 kHz       | Fréquence inférieure du plan de bande FCC (numéro de sous-porteuse 11) |
| $f_{\text{FIN}}$                                  | 137,5 kHz        | Fréquence supérieure du plan de bande FCC (numéro de sous-porteuse 44) |
| Indices des sous-porteuses masquées en permanence | 0 à 10, 45 à 255 | Paragraphe 8.4.2.1 de [UIT-T G.9902]                                   |

### A.1.2.3 Plan de bande FCC-2

Les paramètres du plan de bande FCC-2 sont définis dans le Tableau A.8.

**Tableau A.8 – Paramètres du plan de bande FCC-2**

| Notation  | Valeur            | Note  |
|---|-------------------|---|
| $f_{\text{DEBUT}}$                                | 150 kHz           | Fréquence inférieure du plan de bande FCC (numéro de sous-porteuse 48)  |
| $f_{\text{FIN}}$                                  | 478,125 kHz       | Fréquence supérieure du plan de bande FCC (numéro de sous-porteuse 153) |
| Indices des sous-porteuses masquées en permanence | 0 à 47, 154 à 255 | Paragraphe 8.4.2.1 de [UIT-T G.9902]                                    |

### A.1.3 Plan de bande ARIB

Le plan de bande ARIB est conforme aux exigences définies au § 3.4 de la norme [ARIB STD-T84].

Dans le plan de bande ARIB, les noeuds utilisent les paramètres définis au § A.1.2 avec les modifications suivantes: les tonalités 134-153 sont définies comme étant des sous-porteuses masquées en permanence (PMSC (voir le § 8.4.2.1 de [UIT-T G.9902] pour la définition des tonalités PMSC).

## A.2 Gabarit de densité spectrale de puissance à l'émission

### A.2.1 Coupure de fréquence

[UIT-T G.9902] autorise des coupures de fréquence que ce soit à des fins de réglementation ou de coexistence. Ces coupures s'appliquent à toutes les composantes de la trame PHY [préambule, en-tête de trame de la couche PHY (PFH), service d'émulation de circuit (CES) et données utiles] et à toutes les trames PHY émises dans le domaine.

Si les coupures de fréquence sont mises en oeuvre via le masquage de sous-porteuses, certaines règles sont à respecter:

- La plage de fréquences comprises entre deux sous-porteuses consécutives ( $f_{sc}$ ) est subdivisée en 4 sections également espacées, lesquelles sections sont regroupées en deux régions égales: R1 autour de chaque sous-porteuse et R2 au milieu des deux sous-porteuses (voir la Figure A.1).
- Si la fréquence coupée se situe dans la région R1 d'une sous-porteuse, cette sous-porteuse et les deux sous-porteuses adjacentes sont masquées [au total, les trois sous-porteuses d'indices  $n - 1$ ,  $n$  et  $n + 1$  sont masquées si la fréquence coupée tombe dans la région R1 qui contient la sous-porteuse  $n$ ].
- Si la fréquence coupée se situe dans la région R2, les deux sous-porteuses les plus proches de chaque côté sont masquées [au total, les quatre sous-porteuses d'indices  $n - 1$ ,  $n$ ,  $n + 1$  et  $n + 2$  sont masquées si la fréquence coupée tombe dans la région R2 située entre les sous-porteuses  $n$  et  $n + 1$ ].

NOTE – Le nombre de sous-porteuses masquées varie selon la position relative de la fréquence à couper par rapport aux sous-porteuses. Dans tous les cas, la fréquence coupée se situe à au moins ( $7 \times f_{sc} / 4$  kHz) de la sous-porteuse non masquée la plus proche.

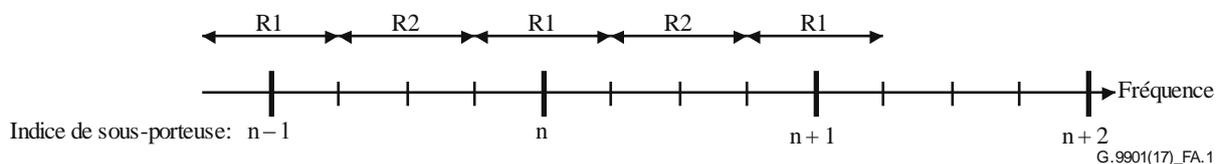


Figure A.1 – Coupure de fréquence

## Annexe B

### Spécifications de la densité spectrale de puissance pour les émetteurs-récepteurs de courants porteurs en ligne G3

(La présente annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation.)

NOTE – La présente annexe contient les spécifications de la PSD relatives à [UIT-T G.9903].

#### B.1 Spécifications relatives aux bandes de fréquences

##### B.1.1 Bandes CENELEC

Dans les bandes CENELEC (3-148,5 kHz), les noeuds utilisent les paramètres de commande définis dans le Tableau B.1.

**Tableau B.1 – Paramètres de commande de modulateur à multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence dans les bandes CENELEC**

|  |                         |
|--|-------------------------|
| Nombre de points de la transformée rapide de Fourier (FFT) | $N = 256$               |
| Nombre d'échantillons en chevauchement                     | $N_O = 8$               |
| Nombre d'échantillons du préfixe cyclique                  | $N_{CP} = 30$           |
| Nombre de symboles d'en-tête de commande de trame (FCH)    | $N_{FCH} = 13$          |
| Fréquence d'échantillonnage                                | $f_s = 0,4 \text{ MHz}$ |
| Nombre de symboles du préambule                            | $N_{pre} = 9,5$         |

##### B.1.1.1 Plan de bande CENELEC-A

Dans le plan de bande CENELEC-A, les noeuds utilisent les paramètres définis dans le Tableau B.2.

**Tableau B.2 – Paramètres du plan de bande CENELEC-A**

|           | Nombre de sous-porteuses | Première sous-porteuse (kHz) | Dernière sous-porteuse (kHz) |
|-----------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|
| CENELEC-A | 36                       | 35,9375                      | 90,625                       |

##### B.1.1.2 Plan de bande CENELEC-B

Dans le plan de bande CENELEC-B, les noeuds utilisent les paramètres définis dans le Tableau B.3.

**Tableau B.3 – Paramètres du plan de bande CENELEC-B**

|           | Nombre de sous porteuses | Première sous porteuse (kHz) | Dernière sous porteuse (kHz) |
|-----------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|
| CENELEC-B | 16                       | 98,4375                      | 121,875                      |

##### B.1.2 Bande FCC

Dans la bande FCC (9 kHz-490 kHz), les noeuds utilisent les paramètres de commande définis dans le Tableau B.4.

**Tableau B.4 – Paramètres de commande de modulateur à multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence dans la bande FCC**

|   |                         |
|---|-------------------------|
| Nombre de points FFT                      | $N = 256$               |
| Nombre d'échantillons en chevauchement    | $N_O = 8$               |
| Nombre d'échantillons du préfixe cyclique | $N_{CP} = 30$           |
| Nombre de symboles FCH                    | $N_{FCH} = 12$          |
| Fréquence d'échantillonnage               | $f_s = 1,2 \text{ MHz}$ |
| Nombre de symboles du préambule           | $N_{pre} = 9,5$         |

Dans le plan de bande FCC, les noeuds utilisent les paramètres définis dans le Tableau B.5.

**Tableau B.5 – Paramètres du plan de bande FCC**

| Plan de bande | Nombre de sous-porteuses | Première sous-porteuse (kHz) | Dernière sous-porteuse (kHz) |
|---------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|
| FCC           | 72                       | 154,6875                     | 487,5                        |

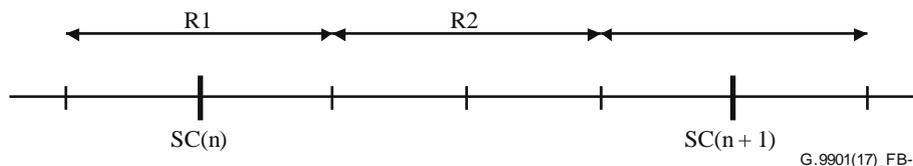
## B.2 Gabarit de densité spectrale de puissance à l'émission

La couche PHY [UIT-T G.9903] est configurée de manière à pouvoir assurer des fonctionnalités de masquage de tonalité, afin de:

- 1) ménager une certaine souplesse pour le respect des réglementations régionales, par exemple faciliter la coexistence avec les services de radiocommunication;
- 2) permettre la coexistence avec d'autres technologies de courants porteurs en ligne fonctionnant dans la même bande, par exemple les systèmes à modulation par saut de fréquences étalées (S-FSK) conformément à la norme [CEI 61334-5-1];
- 3) ménager une certaine souplesse pour la séparation de domaines [UIT-T G.9903] par l'utilisation d'une répartition en fréquence, par exemple par l'assignation de bandes ne se chevauchant pas à différents domaines [UIT-T G.9903].

L'émetteur utilise un système approprié pour introduire de profondes coupures dans le spectre. Deux fréquences en particulier, identifiées dans la norme [CEI 61334-5-1] comme fréquence de travail  $f_M$  et fréquence de repos  $f_s$ , doivent être coupées pour permettre la cohabitation avec les systèmes S-FSK.

Certaines sous-porteuses sont masquées en fonction de la position relative de la fréquence de coupure requise par rapport aux sous-porteuses. Aucune donnée n'est envoyée sur les sous-porteuses masquées. Selon la Figure B.1 ci-dessous, si la fréquence de coupure se trouve dans la région R1,  $SC(n-1)$ ,  $SC(n)$  et  $SC(n+1)$  sont masquées (trois sous-porteuses au total). Si la fréquence de coupure se trouve dans la région R2, les deux sous-porteuses les plus proches de chaque côté [ $SC(n-1)$ ,  $SC(n)$ ,  $SC(n+1)$  et  $SC(n+2)$ ] sont masquées (quatre sous-porteuses au total).



**Figure B.1 – Coupure de fréquence**

La cartographie des coupures devrait être un paramètre global fixé lors de la phase d'initialisation des appareils. Comme décrit ci-avant, pour fournir des coupures suffisamment profondes pour une bande de fréquence spécifique, une ou parfois deux sous-porteuses additionnelles situées avant et après ladite bande – selon la position de la coupure par rapport aux sous-porteuses – sont fixées à zéro. Le pseudo code suivant peut être utilisé pour savoir s'il faut une ou deux sous-porteuses additionnelles.

si  $\text{NotchFreq} / \text{SamplingFreq} \times \text{FFTSize}$  se situe dans R1

$$\text{Sc}(n-1) = \text{Sc}(n) = \text{Sc}(n+1) = 0$$

si  $\text{NotchFreq} / \text{SamplingFreq} \times \text{FFTSize}$  se situe dans R2

$$\text{Sc}(n-1) = \text{Sc}(n) = \text{Sc}(n+1) = \text{Sc}(n+2) = 0$$

Les valeurs de  $\text{SamplingFreq}$  et  $\text{FFTSize}$  sont de 400 kHz et 256, respectivement.

$\text{Sc}$  correspond à une série de valeurs déterminant les sous-porteuses qui sont utilisées pour transmettre les données [si  $\text{Sc}(i)$  est égal à zéro, aucune donnée n'est envoyée sur cette sous-porteuse].

La coupure de fréquence réduit le nombre de tonalités actives utilisées pour la transmission des informations. Compte tenu du fait qu'elle intervient pour tous les signaux de transmission, FCH compris, le nombre de symboles dans FC dépend du nombre de tonalités actives.

Le morceau de code ci-après sert à déterminer le nombre de symboles de multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (OFDM) utilisés pour transmettre le FC de 33 bits:

$$\text{fcSize} = 33; // \text{Taille de FC}$$

$$\text{rxFCSymNum} = \text{ceil}(((\text{fcSize} + 6) \times 2 \times 6) / \text{freqNum});$$

où  $\text{freqNum}$  est le nombre de sous-porteuses disponibles une fois la fréquence coupée et *ceil* la fonction de plafond.

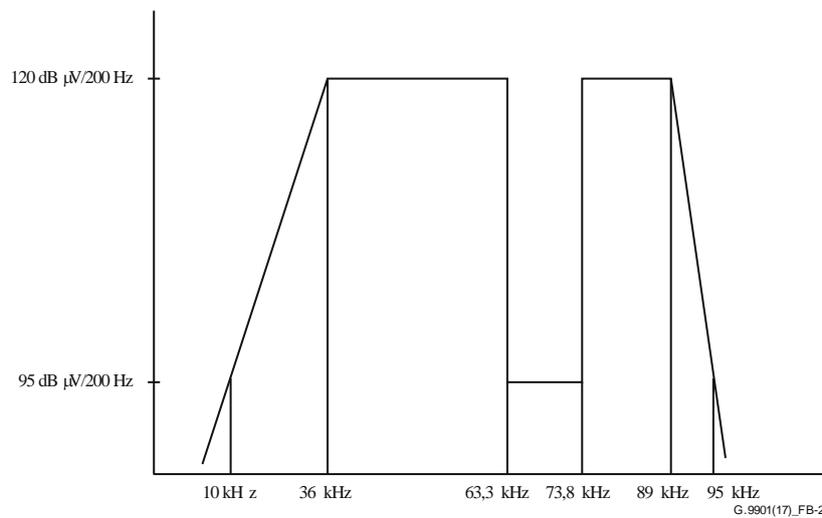
Par exemple, en cas de coexistence avec des systèmes conformes à la norme [CEI 61334-5-1], pour réduire le plus possible l'effet sur le signal S-FSK, le modem OFDM ne doit transmettre aucun signal entre les fréquences S-FSK, c'est-à-dire dans la bande 63 kHz-74 kHz. Le Tableau B.6 montre les sous-porteuses coupées dans ce mode.

**Tableau B.6 – Sous-porteuses coupées dans le mode cohabitation**

| Numéro de sous-porteuse | Fréquence de la sous-porteuse |
|-------------------------|-------------------------------|
| 39                      | 60,9375                       |
| 40                      | 62,5000                       |
| 41                      | 64,0625                       |
| 42                      | 65,6250                       |
| 43                      | 67,1875                       |
| 44                      | 68,7500                       |
| 45                      | 70,3125                       |
| 46                      | 71,8750                       |
| 47                      | 73,4375                       |
| 48                      | 75,0000                       |
| 49                      | 76,5625                       |

Par conséquent, 11 sous-porteuses sont dans l'incapacité de transmettre des données. Considérant que sur un total de 36 sous-porteuses disponibles, 25 peuvent transmettre des données, on obtient un FC avec 19 symboles OFDM, car  $\text{ceil} [(33 + 6) \times 2 \times 6 / 25] = 19$ .

Les stations utilisent toutes le masquage de tonalités sur les sous-porteuses spécifiées dans chaque sous-station, de manière à garantir la conformité avec le gabarit spectral d'émission. La densité PSDémise sur la fréquence coupée doit se situer 25 dB en dessous des limites spécifiées pour le reste des sous-porteuses – voir par exemple la Figure B.2.



**Figure B.2 – Spectre avec deux coupures en vue de la cohabitation avec le modem à modulation par saut de fréquences étalées utilisant des courants porteurs en ligne**

Les mesures sont réalisées au moyen d'un analyseur de spectre avec une largeur de bande de résolution de 200 Hz et un détecteur de quasi-crête. L'émetteur est configuré de façon à émettre de façon répétitive des paquets de séquences de données de roulement d'une longueur maximale.

### B.2.1 Emissions parasites

Le fabricant a l'obligation de veiller à ce que les émissions parasites soient conformes à la réglementation en vigueur dans le pays où la station est utilisée.

## Annexe C

### Spécifications de la densité spectrale de puissance pour les émetteurs-récepteurs PRIME

(La présente annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation.)

NOTE – La présente annexe contient les spécifications de la PSD relatives à [UIT-T G.9904].

#### C.1 Introduction

La présente annexe contient les spécifications de la PSD relatives à [UIT-T G.9904], qui définit un système de communications CPL OFDM fonctionnant dans la bande CENELEC-A telle que définie dans le corps principal de la présente Recommandation. L'entité PHY utilise des fréquences de la bande 3 kHz-95 kHz dont l'utilisation est limitée aux applications visant à surveiller et contrôler le réseau de distribution à basse tension, y compris la consommation d'énergie des équipements et des locaux connectés au réseau. On sait cependant que les fréquences inférieures à 40 kHz présentent plusieurs problèmes sur les lignes électriques basse tension (LV) types, notamment:

- le module d'impédance de charge vu par les émetteurs est parfois inférieur à  $1 \Omega$ , principalement sur les noeuds de base au niveau des transformateurs;
- le bruit de fond coloré, toujours présent sur les lignes électriques et résultant de la somme de nombreuses sources de bruit avec une puissance relativement réduite, augmente de façon exponentielle son amplitude vers les basses fréquences;
- les chambres de compteurs posent également problème, car le comportement des consommateurs est réputé avoir un impact plus fort sur les propriétés des canaux à basses fréquences, par exemple le fonctionnement de tout type d'appareil électroménager engendre une variance dans le temps significative et non prévisible à la fois des caractéristiques de la fonction de transfert et du scénario de bruit.

En conséquence, le signal OFDM utilise une largeur de bande de fréquences de 47,363 kHz située sur les hautes fréquences de la bande CENELEC-A.

Le signal OFDM à lui seul utilise 97 sous-porteuses (96 sous-porteuses de données et une sous-porteuse pilote) également espacées avec un court préfixe cyclique.

## C.2 Paramètres de la couche PHY

Le Tableau C.1 donne la liste des paramètres de commande OFDM et de rythme.

**Tableau C.1 – Paramètres de fréquence et de rythme de la couche PHY PRIME**

|                                      |              |                     |
|--------------------------------------|--------------|---------------------|
| Horloge de la bande de base (Hz)     | 250 000      |                     |
| Espacement des sous-porteuses (Hz)   | 488,28125    |                     |
| Nombre de sous-porteuses de données  | 84 (en-tête) | 96 (données utiles) |
| Nombre de sous-porteuses pilotes     | 13 (en-tête) | 1 (données utiles)  |
| Intervalle FFT (échantillons)        | 512          |                     |
| Intervalle FFT ( $\mu$ s)            | 2 048        |                     |
| Préfixe cyclique (échantillons)      | 48           |                     |
| Préfixe cyclique ( $\mu$ s)          | 192          |                     |
| Intervalle de symbole (échantillons) | 560          |                     |
| Intervalle de symbole ( $\mu$ s)     | 2 240        |                     |
| Période de préambule ( $\mu$ s)      | 2 048        |                     |

## C.3 Plan de bande CENELEC

Les fréquences de début et de fin sont respectivement  $f_s = 41\,992$  Hz et  $f_f = 88\,867$  Hz.



## 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 numériques</b>   |
| Série H        | Systemes audiovisuels et multimédias  |
| Série I        | Reseau numérique à intégration de services  |
| Série J        | Reseaux câblés et transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias  |
| Série K        | Protection contre les perturbations   |
| Série L        | Environnement et TIC, changement climatique, déchets d'équipements électriques et électroniques, efficacité énergétique; construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures |
| Série M        | Gestion des télécommunications y compris le RGT et maintenance des reseaux  |
| Série N        | Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle  |
| Série O        | Spécifications des appareils de mesure  |
| Série P        | Qualité de transmission téléphonique, installations téléphoniques et reseaux locaux   |
| Série Q        | Commutation et signalisation et mesures et tests associés   |
| Série R        | Transmission télégraphique  |
| Série S        | Equipements terminaux de télégraphie  |
| Série T        | Terminaux des services télématiques   |
| Série U        | Commutation télégraphique   |
| Série V        | Communications de données sur le reseau téléphonique  |
| Série X        | Reseaux de données, communication entre systemes ouverts et sécurité  |
| Série Y        | Infrastructure mondiale de l'information, protocole Internet, reseaux de prochaine génération, Internet des objets et villes intelligentes  |
| Série Z        | Langages et aspects généraux logiciels des systemes de télécommunication  |