

Union internationale des télécommunications

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.9901

(11/2012)

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

Réseaux d'accès – Réseaux intérieurs

**Émetteurs-récepteurs de courants porteurs en
ligne avec multiplexage par répartition
orthogonale de la fréquence (OFDM) à bande
étroite – Spécification de la densité spectrale de
puissance**

Recommandation UIT-T G.9901

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 RADIODÉPHONIE 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
	G.9700–G.9799
	G.9800–G.9899
Réseaux intérieurs	G.9900–G.9999

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 avec multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (OFDM) à bande étroite – Spécification de la densité spectrale de puissance

Résumé

La Recommandation UIT-T G.9901 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, 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. 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).

Cette Recommandation utilise des éléments de la Recommandation UIT-T G.9955 (12/2011) et de son Amendement 1, en particulier des éléments du corps principal et des Annexes A, B et E. Aucun nouvel élément technique n'a été ajouté.

Historique

Edition	Recommandation	Approbation	Commission d'études
1.0	ITU-T G.9901	2012-11-20	15
1.1	ITU-T G.9901 (2012) Amd. 1	2013-07-12	15

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 n'avait pas 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 2013

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
1	Domaine d'application 1
2	Références..... 1
3	Définitions 2
3.1	Termes définis ailleurs 2
3.2	Termes définis dans la présente Recommandation 2
4	Abréviations et acronymes 2
5	Conventions 2
6	Spécifications relatives à la densité PSD se rapportant aux bandes CENELEC (9-148,5 kHz)..... 2
Annexe A	– Spécifications de la densité spectrale de puissance (PSD) pour les émetteurs-récepteurs G.hnem 3
A.1	Spécification des bandes de fréquences 3
A.2	Gabarit de densité PSD à l'émission..... 5
A.3	Spécification électrique 6
Annexe B	– Spécifications de la densité spectrale de puissance (PSD) pour les émetteurs-récepteurs de courants porteurs en ligne G3 8
B.1	Spécification des bandes de fréquences 8
B.2	Spécifications du gabarit de densité PSD (coupure) 9
Annexe C	– Spécifications de la densité spectrale de puissance (PSD) pour les émetteurs-récepteurs PRIME..... 12
C.1	Introduction 12
C.2	Paramètres de la couche PHY 12
C.3	Paramètres du préambule 13
C.4	Spécification électrique de l'émetteur..... 13

Recommandation UIT-T G.9901

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

1 Domaine d'application

La Recommandation UIT-T G.9901 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, 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. 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 (2012), *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 60050-161] CEI 60050-161 (1990), *Vocabulaire Electrotechnique International, Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique*.
- [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] CEI CISPR 16-1 (1993), *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques*.
- [CISPR 16-2] CEI CISPR 16-2 (1996), *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 2: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité*.

[EN50065-1] CENELEC EN 50065-1, *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.*

3 Définitions

3.1 Termes définis ailleurs

Aucun.

3.2 Termes définis dans la présente Recommandation

La présente Recommandation définit le terme suivant:

3.2.1 plan de bande: plage spécifique du spectre des fréquences dans laquelle un dispositif CPL-BE fonctionne. Le plan de bande est défini par une fréquence inférieure et une fréquence supérieure.

4 Abréviations et acronymes

La présente Recommandation utilise les abréviations et acronymes suivants:

AMN	réseau fictif standard (<i>artificial mains network</i>)
LISN	réseau de stabilisation d'impédance de ligne (<i>line impedance stabilization network</i>)
CPL	courants porteurs en ligne
CPL-BE	courants porteurs en ligne à bande étroite
LPM	gabarit de densité PSD limite (<i>limit psd mask</i>)
OFDM	multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (<i>orthogonal frequency division multiplexing</i>)
PHY	couche Physique
PSD	densité spectrale de puissance (<i>power spectral density</i>)
TN	réseau de terminaison (<i>termination network</i>)

5 Conventions

Néant.

6 Spécifications relatives à la densité PSD se rapportant aux bandes CENELEC (9-148,5 kHz)

Les paragraphes 6, 7, 8 et 9 de la norme [EN50065-1] s'appliquent.

Annexe A

Spécifications de la densité spectrale de puissance (PSD) 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 densité spectrale de puissance (PSD) relatives à [UIT-T G.9902].

A.1 Spécification des bandes de fréquences

En application de la présente Recommandation, il convient 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 (3-148,5 kHz), les nœuds utilisent les paramètres de commande définis dans le Tableau A.1 (voir le § 8.4.6 [UIT-T G.9902]).

**Tableau A.1 – Paramètres de commande de modulateur OFDM
dans la bande CENELEC**

Notation	Valeur
N	128
F_{SC}	1,5625 kHz
N_{GI-PL}	12-1, 2 mappage des bits 24-3, 4 mappage des bits
N_{GI-HD}	0
N_{GI-CES}	0
B	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 ci-après.

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 PMSC	0 à 22, 59 à 127	§ 8.4.2.1 [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_{DEBUT}	98,4375 kHz	Fréquence inférieure du plan de bande CENELEC-B (numéro de sous-porteuse 63)
F_{FIN}	120,3125 kHz	Fréquence supérieure du plan de bande CENELEC-B (numéro de sous-porteuse 77)
Indices PMSC	0 à 62, 78 à 127	§ 8.4.2.1 [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_{DEBUT}	125 kHz	Fréquence inférieure du plan de bande CENELEC-CD (numéro de sous-porteuse 80)
F_{FIN}	143,75 kHz	Fréquence supérieure du plan de bande CENELEC-CD (numéro de sous-porteuse 92)
Indices PMSC	0 à 79, 93 à 127	§ 8.4.2.1 [UIT-T G.9902]

A.1.2 Plans de bande FCC

Dans la bande FCC (9-490 kHz), les nœuds utilisent les paramètres de commande définis dans le Tableau X-5 (voir le § 8.4.6 de [UIT-T G.9902]).

Tableau A.5 – Paramètres de commande de modulateur OFDM dans la bande FCC

Notation	Valeur
N	256
F_{SC}	3,125 kHz
N_{GI}	24-1, 2 mappage des bits 48-3, 4 mappage des bits
$N_{\text{GI-HD}}$	0
$N_{\text{GI-CES}}$	0
B	16
F_{US}	$128 \times F_{\text{SC}}$

Les plans de bande FCC, FCC-1 et FCC-2 définis dans la bande FCC sont décrits ci-après. 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_{DEBUT}	34,375 kHz	Fréquence inférieure du plan de bande FCC (numéro de sous-porteuse 11)
F_{FIN}	478,125 kHz	Fréquence supérieure du plan de bande FCC (numéro de sous-porteuse 153)
Indices PMSC	0 à 10, 154 à 255	§ 8.4.2.1 [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_{DEBUT}	34,375 kHz	Fréquence inférieure du plan de bande FCC (numéro de sous-porteuse 11)
F_{FIN}	137,5 kHz	Fréquence supérieure du plan de bande FCC (numéro de sous-porteuse 44)
Indices PMSC	0 à 10, 45 à 255	§ 8.4.2.1 [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_{DEBUT}	150 kHz	Fréquence inférieure du plan de bande FCC (numéro de sous-porteuse 48)
F_{FIN}	478,125 kHz	Fréquence supérieure du plan de bande FCC (numéro de sous-porteuse 153)
Indices PMSC	0 à 47, 154 à 255	§ 8.4.2.1 [UIT-T G.9902]

A.2 Gabarit de densité PSD 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, PFH, CES et données utiles) et à toutes les trames PHY émises dans le domaine.

Si les coupures de fréquence sont mises en œuvre 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 ($7F_{SC}/4$ kHz) de la sous-porteuse non masquée la plus proche.

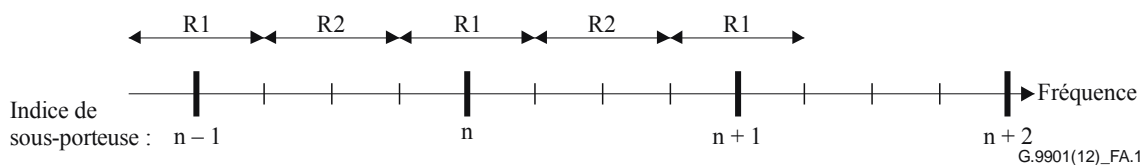


Figure A.1 – Coupe de fréquence

A.3 Spécification électrique

A.3.1 Limites du signal émis

Les méthodes et appareils de mesure utilisés pour la détection des quasi-crêtes, crêtes et valeurs moyennes sont définis dans [CEI 60050-161].

A.3.1.1 Plans de bande CENELEC

Pour tous les plans de bande CENELEC spécifiés au § A.1.1, les émetteurs-récepteurs [UIT-T G.9902] respectent les limites dans la bande et hors bande du signal émis spécifiées au § 6 de [EN50065-1]. Ces limites sont réputées respectées à partir du moment où le chargement se fait sur le réseau fictif standard indiqué sur la Figure 1 de [EN50065-1], et où la connexion est conforme aux spécifications fournies au § 6.1, pour les appareils monophasés et triphasés.

A.3.1.2 Plans de bande FCC

Pour tous les plans de bande FCC spécifiés au § A.1.2, les limites suivantes sont respectées:

- 1) La tension du signal de sortie mesurée au moyen d'un détecteur de crête pour une largeur de bande de 200 Hz n'exécède pas 120 dB (μ V), quel que soit l'emplacement sur la bande de fréquences, lorsque le chargement se fait sur un réseau de terminaison standard.
- 2) La tension du signal de sortie mesurée au moyen d'un détecteur de crête n'exécède pas 134 dB (μ V) pour FCC-1 et 137 dB (μ V) pour FCC et FCC-2 sur tout le plan de bande lorsque le chargement se fait sur un réseau de terminaison standard. Des limites plus élevées pour les lignes moyenne tension (MT) sont à l'étude.

- 3) La tension du signal de sortie mesurée à l'extérieur de la largeur de bande spectrale du plan de bande n'excède pas les limites suivantes:
- Dans la gamme de fréquences de 9 kHz à 150 kHz, la limite de la tension du signal de sortie mesurée au moyen d'un détecteur de quasi-crête avec une largeur de bande de résolution de 200 Hz décroît de façon linéaire en fonction du logarithme de la fréquence, de 89 dB (μV) à 9 kHz jusqu'à 66 dB (μV) à 150 kHz.
 - Dans la gamme de fréquences de 150 kHz à 535 kHz, la limite de la tension du signal de sortie mesurée au moyen d'un détecteur de quasi-crête avec une largeur de bande de résolution de 9 kHz décroît de façon linéaire en fonction du logarithme de la fréquence, de 66 dB (μV) à 150 kHz jusqu'à 60 dB (μV) à 535 kHz.

La définition de la largeur de bande spectrale est illustrée à la Figure 1 de [EN 50065-1].

A.3.1.3 Bandes de fréquences coupées

La tension du signal de sortie mesurée au moyen d'un détecteur de quasi-crête avec une largeur de bande de 200 Hz ne doit pas excéder 70 dB (μV), quel que soit l'emplacement sur la bande de fréquence coupée, lorsque le chargement se fait sur un réseau de terminaison standard.

A.3.1.4 Réseau de terminaison standard FCC

Le réseau de terminaison standard est utilisé à des fins de vérification des limites du signal émis exclusivement. L'impédance du réseau de terminaison se présente sous la forme d'une charge résistive de 50 ohms couplée en parallèle à une inductance de 50 μH (réseau de stabilisation d'impédance de ligne FCC, LISN).

D'autres types de réseaux de terminaison sont à l'étude.

Annexe B

Spécifications de la densité spectrale de puissance (PSD) 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 densité spectrale de puissance (PSD) relatives à [UIT-T G.9903].

B.1 Spécification des bandes de fréquences

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

Tableau B.1 – Paramètres de commande de modulateur OFDM dans la bande CENELEC

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	$N_{FCH} = 13$
Fréquence d'échantillonnage	$F_s = 0,4 \text{ MHz}$
Nombre de symboles du préambule	$N_{pre} = 9,5$

B.1.1 Plan de bande CENELEC-A

Dans le plan de bande CENELEC-A, les nœuds 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	35,938	90,625

B.1.2 Bande FCC

Dans la bande FCC (9-490 kHz), les nœuds utilisent les paramètres de commande définis dans le Tableau B.3.

Tableau B.3 – Paramètres de commande de modulateur OFDM 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	$N_{pre} = 9,5$

B.1.2.1 Plan de bande FCC-1

Lorsqu'ils fonctionnent sur le plan de bande FCC-1, les nœuds doivent utiliser les paramètres spécifiés dans le Tableau B.4.

Tableau B.4 – Paramètres du plan de bande FCC

Plan de bande	Nombre de sous-porteuses	Première sous-porteuse (kHz)	Dernière sous-porteuse (kHz)
FCC-1	72	154,6875	487,5

B.1.2.2 Plans de bande FCC-1.a et FCC-1.b facultatifs

Outre le plan de bande FCC-1 principal, les nœuds peuvent facultativement prendre en charge les plans de bande FCC-1.a et FCC-1.b, avec les paramètres spécifiés dans le Tableau B.5.

Tableau B.5 – Paramètres des plans de bande FCC facultatifs

	Nombre de sous-porteuses	Première sous-porteuse (kHz)	Dernière sous-porteuse (kHz)
FCC-1.a	24	154,687	262,5
FCC-1.b	40	304,687	487,5

B.2 Spécifications du gabarit de densité PSD (coupure)

La couche PHY UIT-T G.9903 est approvisionnée de manière à comporter des coupures programmables sur certaines fréquences pour:

- 1) éviter certaines fréquences qui sont réservées par les organismes de régulation des lignes électriques pour d'autres applications;
- 2) permettre la cohabitation avec les systèmes S-FSK conformément à la norme [CEI 61334-5-1];
- 3) autoriser l'interopérabilité avec d'autres systèmes potentiels fonctionnant sur les lignes électriques.

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).

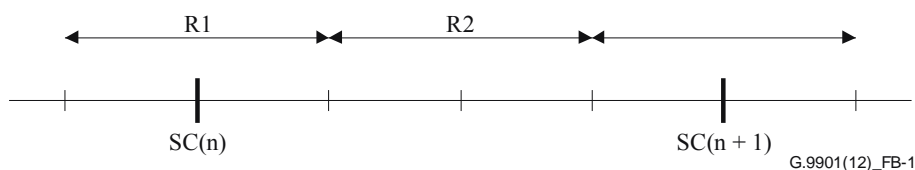


Figure B.1 – Coupure de fréquence

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 SamplingFreq et FFTSize sont de 400 kHz et 256, respectivement.

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 OFDM utilisés pour transmettre le FC de 33 bits:

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

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

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

Pour avoir un effet minimum sur S-FSK, le modem OFDM ne doit transmettre aucun signal entre les fréquences S-FSK, c'est-à-dire dans la bande de 63 kHz à 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 $\text{ceil}((33 + 6) \times 2 \times 6 / 25) = 19$.

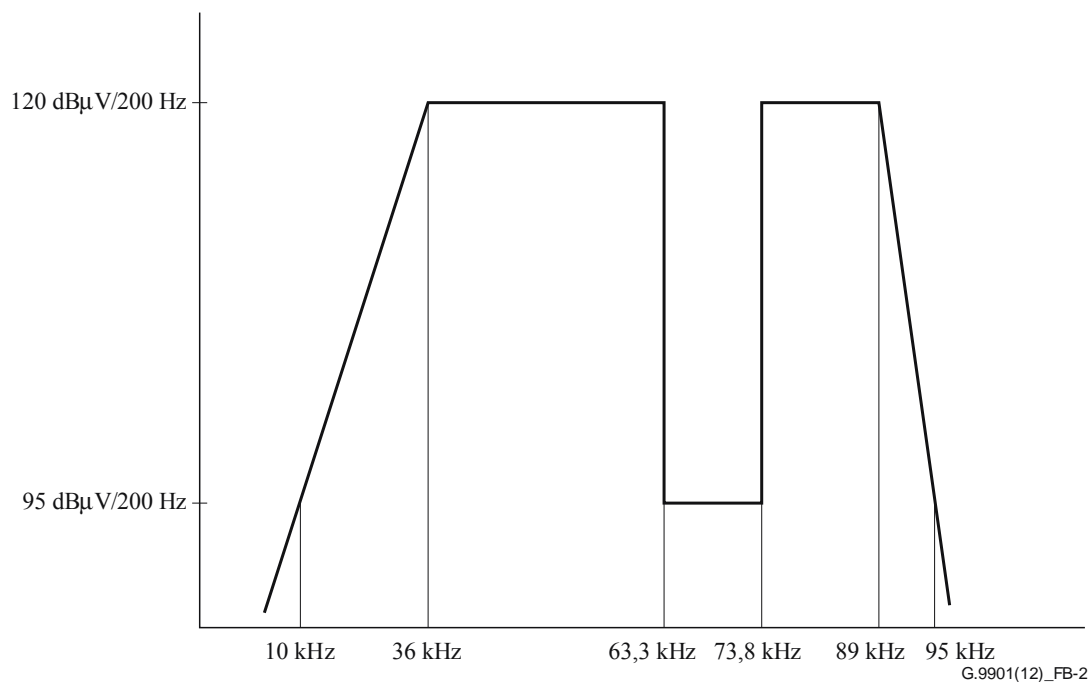


Figure B.2 – Spectre avec deux coupures en vue de la cohabitation avec le modem CPL S-FSK

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 spectrale de puissance émise sur la fréquence coupée doit se situer 25 dB en dessous des limites spécifiées pour le reste des sous-porteuses.

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.

B.2.2 Platitude spectrale de l'émetteur

Aucune porteuse individuelle ne possède une puissance moyenne en dehors de la plage ± 2 dB par rapport à la puissance moyenne dans toutes les sous-porteuses mesurée avec une impédance de 50 Ω .

Annexe C

Spécifications de la densité spectrale de puissance (PSD) pour les émetteurs-récepteurs PRIME

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

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

C.1 Introduction

La présente annexe contient les spécifications de la densité spectrale de puissance (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 comprise entre 3 kHz et 95 kHz dont l'utilisation est limitée aux distributeurs d'électricité et à leurs titulaires de licence. On sait cependant que les fréquences inférieures à 40 kHz présentent plusieurs problèmes sur les lignes électriques basse tension types, notamment:

- le module d'impédance de charge vu par les émetteurs est parfois inférieur à 1Ω , principalement sur les nœuds 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'appareils électroménagers 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 (μ s)	2 048	
Préfixe cyclique (échantillons)	48	
Préfixe cyclique (μ s)	192	

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

Intervalle de symbole (échantillons)	560
Intervalle de symbole (μs)	2 240
Période de préambule (μs)	2 048

C.3 Paramètres du préambule

Les paramètres du préambule sont les suivants: $T = 2\,048\ \mu\text{s}$, $f_0 = 41\,992\ \text{Hz}$ (fréquence de début), $f_f = 88\,867\ \text{Hz}$ (fréquence de fin) et $\mu = (f_f - f_0) / T$.

C.4 Spécification électrique de l'émetteur

C.4.1 Considérations générales

Les exigences présentées ci-après sont les exigences techniques minimales de l'émetteur permettant d'assurer l'interopérabilité et une qualité de fonctionnement appropriée de l'émetteur.

C.4.2 Densité PSD à l'émission

Les spécifications de l'émetteur sont mesurées sur la base des conditions et configurations ci-après.

Pour les appareils monophasés, la mesure est réalisée soit sur la phase soit sur le neutre, selon la Figure 4 de [EN50065-1].

Pour les appareils triphasés qui transmettent sur les trois phases simultanément, les mesures sont réalisées sur les trois phases, selon la Figure 6 de [EN50065-1]. Aucune mesure n'est requise sur le neutre.

Le réseau fictif des Figures 4 et 6 de [EN50065-1] est détaillé à la Figure C.1. Il se fonde sur la Figure 5 de [EN50065-1]. On a ajouté un condensateur de $33\ \mu\text{F}$ et une résistance de $1\ \Omega$ de manière à ce que le réseau ait une impédance de $2\ \Omega$ dans la bande de fréquences considérée.

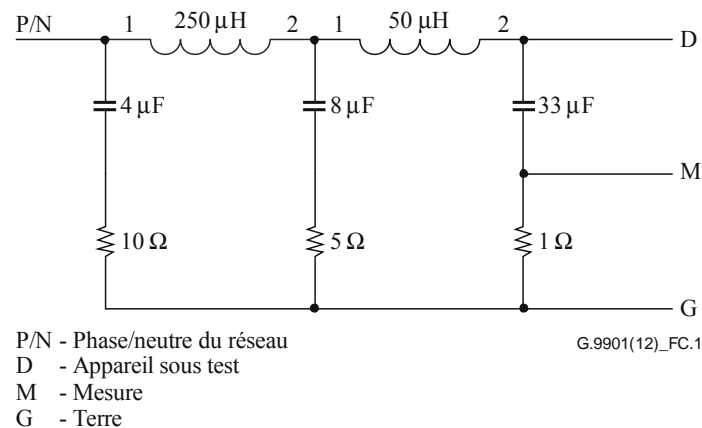


Figure C.1 – Réseau fictif

Les tensions de sortie de l'émetteur sont données comme tension mesurée à la borne de ligne comparativement à la borne de neutre. En conséquence, les valeurs obtenues à partir de l'appareil de mesure sont augmentées de 6 dB (diviseur de tension d'un coefficient $1/2$).

Tous les appareils sont testés de manière à répondre aux exigences de densité PSD sur toute la gamme de températures, laquelle varie selon le type de nœud:

- nœuds de base dans la gamme -40°C à $+70^\circ\text{C}$
- nœuds de service dans la gamme -25°C à $+55^\circ\text{C}$

Tous les tests sont réalisés dans des conditions normales de charge de trafic.

Dans tous les cas, la densité PSD est conforme à la réglementation en vigueur dans le pays où le système est utilisé.

L'amplificateur de puissance est capable d'injecter dans le nœud de transmission (paramètre S1) un niveau de signal final de 120 dB μ Vrms (1 Vrms) dans le cas d'un raccordement au réseau fictif de la Figure C.1, comme décrit à la Figure 4 de [EN50065-1] pour les appareils monophasés et à la Figure 6 de [EN50065-1] pour les appareils triphasés qui injectent dans une phase à la fois. Pour les appareils triphasés qui injectent dans les trois phases simultanément, le niveau de signal final est de 114 dB μ Vrms (0,5 Vrms). Comme mentionné précédemment, les valeurs fournies par l'appareil de mesure sont augmentées de 6 dB pour compenser la perte d'insertion du réseau fictif.

C.4.3 Valeurs limites des perturbations par conduction

Des réglementations régionales peuvent s'appliquer. Par exemple, en Europe, les émetteurs doivent respecter les niveaux maximaux d'émission et les niveaux des émissions parasites définies dans le corps principal de la présente Recommandation pour les émissions par conduction sur le réseau électrique en courant alternatif dans les bandes de 3 kHz à 9 kHz et de 95 kHz à 30 MHz. Selon la réglementation européenne, les émetteurs et récepteurs doivent également respecter les limites d'impédance définies dans le corps principal de la présente Recommandation dans la gamme comprise entre 3 kHz et 148,5 kHz.

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

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