

Union internationale des télécommunications

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.9964

Amendement 3
(02/2020)

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 – Spécification de la densité
spectrale de puissance

Amendement 3

Recommandation UIT-T G.9964 (2011) – Amendement 3

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
Réseaux intérieurs	G.9900–G.9999

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

Recommandation UIT-T G.9964

Émetteurs-récepteurs de réseau domestique filaires unifiés à haut débit – Spécification de la densité spectrale de puissance

Amendement 3

Résumé

La Recommandation UIT-T G.9964 spécifie les paramètres de commande permettant de déterminer le contenu spectral, les spécifications du gabarit de densité spectrale de puissance (PSD, *power spectral density*), un ensemble d'outils servant à réduire le niveau de densité PSD en émission, des moyens permettant de mesurer cette densité PSD dans le cas d'une transmission par câble téléphonique, par ligne électrique ou par câble coaxial, ainsi que la puissance totale d'émission admissible dans une impédance de terminaison donnée. Elle vient compléter les spécifications de l'architecture du système et de la couche physique (PHY) figurant dans la Recommandation UIT-T G.9960, les spécifications de la couche de liaison de données (DLL, *data link layer*) figurant dans la Recommandation UIT-T G.9961, ainsi que les modifications et adjonctions auxdites Recommandations spécifiant l'émetteur-récepteur de réseau domestique à entrées multiples/sorties multiples (MIMO) et figurant dans la Recommandation UIT-T G.9963.

L'Amendement 1 a pour objet de prendre en charge un nouveau profil pour les câbles coaxiaux dans une bande de base de 200 MHz.

L'Amendement 2 spécifie le contenu spectral pour une bande de fréquences opérationnelle (OFB, *operational frequency band*) de 200 MHz pour les lignes téléphoniques.

L'Amendement 3 étend la portée de la Recommandation pour permettre le fonctionnement dans une largeur de bande étendue sur des supports de type câbles coaxiaux et lignes téléphoniques.

Historique

Edition	Recommandation	Approbation	Commission d'études	ID unique*
1.0	ITU-T G.9964	2011-12-16	15	11.1002/1000/11406
1.1	ITU-T G.9964 (2011) Amd. 1	2016-02-26	15	11.1002/1000/12579
1.2	ITU-T G.9964 (2011) Amd. 2	2016-09-30	15	11.1002/1000/12843
1.3	ITU-T G.9964 (2011) Amd. 3	2020-02-07	15	11.1002/1000/14029

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

AVANT-PROPOS

L'Union internationale des télécommunications (UIT) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications et des technologies de l'information et de la communication (ICT). Le Secteur de la normalisation des télécommunications (UIT-T) est un organe permanent de l'UIT. Il est chargé de l'étude des questions techniques, d'exploitation et de tarification, et émet à ce sujet des Recommandations en vue de la normalisation des télécommunications à l'échelle mondiale.

L'Assemblée mondiale de normalisation des télécommunications (AMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'étude à traiter par les Commissions d'études de l'UIT-T, lesquelles élaborent en retour des Recommandations sur ces thèmes.

L'approbation des Recommandations par les Membres de l'UIT-T s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

Dans certains secteurs des technologies de l'information qui correspondent à la sphère de compétence de l'UIT-T, les normes nécessaires se préparent en collaboration avec l'ISO et la CEI.

NOTE

Dans la présente Recommandation, l'expression "Administration" est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une administration de télécommunications qu'une exploitation reconnue.

Le respect de cette Recommandation se fait à titre volontaire. Cependant, il se peut que la Recommandation contienne certaines dispositions obligatoires (pour assurer, par exemple, l'interopérabilité et l'applicabilité) et on considère que la Recommandation est respectée lorsque toutes ces dispositions sont observées. Le futur d'obligation et les autres moyens d'expression de l'obligation comme le verbe "devoir" ainsi que leurs formes négatives servent à énoncer des prescriptions. L'utilisation de ces formes ne signifie pas qu'il est obligatoire de respecter la Recommandation.

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

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

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

© UIT 2020

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	4
2	Références.....	4
3	Définitions	5
	3.1 réservé.....	5
4	Abréviations et acronymes	6
5	Gabarit de densité spectrale de puissance en émission.....	6
	5.1 Masquage de sous-porteuse	7
	5.2 Conformation de densité spectrale de puissance	8
	5.3 Élimination des bandes radioamateur internationales	9
	5.4 Plafonnement de densité spectrale de puissance	9
	5.5 Élimination des bandes de fréquences sur une ligne d'abonné numérique à très haute vitesse 2.....	9
6	Spécifications du contenu spectral en fonction du support	9
	6.1 Spécifications du contenu spectral pour les lignes téléphoniques.....	9
	6.2 Spécifications du contenu spectral pour les lignes électriques.....	13
	6.3 Spécifications du contenu spectral pour les câbles coaxiaux	15
	6.4 Impédance de terminaison	22
	6.5 Puissance totale d'émission.....	22
	6.6 Impédance d'entrée du récepteur	23
	Annexe A	24
	Annexe B.....	25
	Annexe C.....	26
	Annexe D – Bandes radioamateur internationales	27
	Annexe E – Impact de la Recommandation UIT-T G.9960 sur le service de ligne d'abonné numérique à très haute vitesse 2.....	28
	Appendice I – Bandes de fréquences radioélectriques additionnelles	29
	Bibliographie.....	31

Recommandation UIT-T G.9964

Émetteurs-récepteurs de réseau domestique filaires unifiés à haut débit – Spécification de la densité spectrale de puissance

Amendement 3

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.9964 (2011) et ses Amendements 1 et 2.

1 Domaine d'application

La présente Recommandation spécifie les paramètres de commande permettant de déterminer le contenu spectral, les spécifications du gabarit de densité spectrale de puissance (PSD, *power spectral density*), un ensemble d'outils servant à réduire le niveau de densité PSD en émission, des moyens permettant de mesurer cette densité PSD dans le cas d'une transmission par câble téléphonique, par ligne électrique ou par câble coaxial, ainsi que la puissance totale d'émission admissible dans une impédance de terminaison donnée. Elle vient compléter les spécifications de l'architecture du système et de la couche physique (PHY) figurant dans [UIT-T G.9960], les spécifications de la couche de liaison de données (DLL, *data link layer*) figurant dans [UIT-T G.9961], ainsi que les modifications et adjonctions auxdites Recommandations spécifiant l'émetteur-récepteur de réseau domestique à entrées multiples/sorties multiples (MIMO) et figurant dans [UIT-T G.9963].

[L'Amendement 1 a pour objet de prendre en charge un nouveau profil pour les câbles coaxiaux dans une bande de base de 200 MHz.](#)

[L'Amendement 2 spécifie le contenu spectral pour une bande de fréquences opérationnelle \(OFB, *operational frequency band*\) de 200 MHz pour les lignes téléphoniques.](#)

[L'Amendement 3 étend la portée de la Recommandation pour permettre le fonctionnement dans une largeur de bande étendue sur des supports de type câbles coaxiaux et lignes téléphoniques.](#)

[Pour les gabarits limites de densité PSD \(LPM, *limit PSD mask*\) du profil 2 sur les lignes téléphoniques, dans les cas où la transmission n'est pas limitée aux réseaux présentant une protection accrue, par exemple ceux dont les câbles sont blindés ou enfouis sous terre, la conformité des équipements à la présente Recommandation ne garantit pas nécessairement la conformité aux réglementations particulières nationales ou régionales relatives à la compatibilité électromagnétique lorsque les installations sont mises en service.](#)

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.9960] Recommandation UIT-T G.9960 (~~2011~~2018), *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 (~~2010~~2018), *Émetteurs-récepteurs de réseau domestique filaires unifiés à haut débit – Spécification de la couche liaison de données*.
- [UIT-T G.9963] Recommandation UIT-T G.9963 (~~2011~~2018), *Émetteurs-récepteurs de réseau domestique filaires unifiés à haut débit – Entrées multiples/sorties multiples*.

3 Définitions

La présente Recommandation définit les termes suivants:

~~3.1 **plan de bande:** une plage donnée du spectre de fréquences, qui est associée à un seul domaine. Plusieurs plans de bande peuvent être employés dans le même domaine à condition que chacun des plans soit un sous-ensemble ou un "surensemble" de tous les autres plans de bande dans le même domaine. Le plan de bande est défini par une fréquence inférieure et par une fréquence supérieure, sauf dans le cas des fréquences radioélectriques (RF, *radio frequency*), où il est défini par une largeur de bande et par une fréquence centrale.~~ [3.1 réservé](#)

3.2 bande de base: une bande de fréquences définie par une fréquence transposée vers le haut $F_{UC} = 0$ et par une fréquence décalée vers le haut $F_{US} = F_{SC} \times N/2$ (voir le Tableau 7-67 de [UIT-T G.9960]).

3.3 domaine: une partie d'un réseau domestique UIT-T G.9960 comportant le maître du domaine et tous les nœuds qui sont enregistrés auprès de lui. Dans le cadre de la présente Recommandation, l'emploi du terme "domaine" sans qualificatif veut dire "domaine UIT-T G.9960", tandis que l'emploi du terme "domaine étranger" veut dire "domaine non-UIT-T G.9960". Des qualificatifs supplémentaires (par exemple "sur ligne électrique") peuvent être ajoutés soit au "domaine" soit au "domaine étranger".

3.4 maître de domaine (DM, *domain master*): un nœud assurant la fonctionnalité du maître de domaine qui gère (coordonne) tous les autres nœuds de son domaine (à savoir, qui attribue des largeurs de bande et gère les priorités). Seul un maître de domaine actif est admis dans un domaine et tous les nœuds dans un domaine sont gérés (coordonnés) par un seul maître de domaine. Lorsqu'un maître de domaine échoue, un autre nœud du même domaine, capable de fonctionner comme maître de domaine, doit prendre le relais.

3.5 réseau domestique: deux ou plusieurs nœuds qui peuvent communiquer entre eux soit directement, soit par l'intermédiaire d'un nœud relais au niveau de la couche physique, soit par un pont inter-domaines au-dessus de la couche physique. Un réseau domestique comporte un ou plusieurs domaines. Dans le cadre de la présente Recommandation, l'emploi du terme "réseau domestique" veut dire "réseau domestique UIT-T G.9960". L'emploi du terme "réseau domestique étranger" veut dire "réseau domestique non-UIT-T G.9960". L'emploi du terme "réseau" sans qualificatif veut dire toute combinaison d'un "réseau domestique UIT-T G.9960", d'un "réseau domestique non-UIT-T G.9960" et d'un "réseau d'accès". L'emploi du terme "réseau étranger" veut dire toute combinaison d'un "réseau domestique non-UIT-T G.9960" et d'un "réseau d'accès".

3.6 support: une installation filaire, d'une classe à câble unique, permettant la connexion physique entre les nœuds. Les nœuds reliés au même support peuvent communiquer sur la couche physique et peuvent interférer les uns avec les autres à moins qu'ils n'emploient des signaux orthogonaux (par exemple, de bandes de fréquences différentes, de périodes de temps différentes).

3.7 nœud: tout dispositif de réseau qui contient un émetteur-récepteur UIT-T G.9960. Dans le cadre de la présente Recommandation, l'emploi du terme "nœud" sans qualificatif veut dire "nœud UIT-T G.9960" et l'emploi du terme "nœud étranger" veut dire "nœud non-UIT-T G.9960". Des qualificatifs supplémentaires (par exemple "relais") peuvent être ajoutés soit à "nœud" soit à "nœud étranger".

3.7.1 profil OFB: classification des OFB en fonction du format de trame PHY qu'elles utilisent. Les OFB du profil 1 utilisent un format de trame PHY normal pour la transmission des trames; les OFB du profil 2 utilisent un format de trame PHY à en-tête de grande capacité (HCH) pour la transmission des trames.

3.7.2 bande de fréquences opérationnelle (OFB): gamme de fréquences qu'un nœud est autorisé à utiliser pour communiquer avec un autre nœud du domaine.

3.8 bande passante: une bande de fréquences définie par une fréquence transposée vers le haut $F_{UC} = 0$ et par une fréquence décalée vers le haut $F_{US} \gg F_{SC} \times N/2$ (voir le Tableau 7-67 de [UIT-T G.9960]).

3.9 fréquence radioélectrique (RF, radio frequency): une bande de fréquences définie par une fréquence transposée vers le haut $F_{UC} > 0$ et par une fréquence centrale $F_C = F_{UC} + F_{US} \gg F_{SC} \times N/2$ (voir les Tableaux 7-67 et 7-68 de [UIT-T G.9960]).

3.10 sous-porteuse (sous-porteuse OFDM): la fréquence centrale de chacun des sous-canaux OFDM sur lequel les bits peuvent être modulés pour y être émis.

3.11 sous-canal (sous-canal OFDM): un élément fondamental de la technologie de modulation OFDM. Le modulateur OFDM scinde la largeur de bande en un ensemble de sous-canaux parallèles.

3.12 classe filaire: l'une des classes de câbles ayant les mêmes caractéristiques générales: câble coaxial, ligne électrique domestique, câble téléphonique et câble de la catégorie 5.

4 Abréviations et acronymes

La présente Recommandation emploie les abréviations et les acronymes suivants:

BB bande de base (*BaseBand*)

CB bande de base de câble coaxial (*coax baseband*)

CRF fréquence radioélectrique de câble coaxial (*coax radio frequency*)

DM maître de domaine (*domain master*)

LPM gabarit limite de densité PSD (*limit PSD mask*)

OFB bande de fréquences opérationnelle (*operational frequency band*)

OFDM multiplexage par répartition en fréquences orthogonales (*orthogonal frequency division multiplexing*)

PB bande de base de ligne électrique (*power-line baseband*)

PHY couche physique (*physical layer*)

PSD densité spectrale de puissance (*power spectral density*)

PSDC plafonnement de la PSD (*PSD ceiling*)

PSM gabarit de conformation de densité PSD (*PSD shaping mask*)

RF fréquence radioélectrique (*radio frequency*)

RPM gabarit régional de densité PSD (*regional PSD mask*)

SM gabarit de sous-porteuse (*sub-carrier mask*)

5 Gabarit de densité spectrale de puissance en émission

Le gabarit de densité spectrale de puissance (PSD, *power spectral density*) en émission (TxPSD, *transmit PSD mask*) est déterminé par un gabarit de sous-porteuse (SM, *sub-carrier mask*), un gabarit de conformation de densité PSD (PSM, *PSD shaping mask*), une élimination des bandes radioamateur

internationales définie dans le présent paragraphe, le gabarit limite de densité PSD (LPM, *limit PSD mask*) défini pour chaque support particulier et un gabarit régional de densité PSD (RPM, *regional PSD mask*) au cas où celui-ci est spécifié dans une annexe régionale (voir [UIT-T G.9960]). Le même gabarit TxPSD doit s'appliquer à tous les nœuds du domaine.

Pour un émetteur-récepteur UIT-T G.9960, la densité PSD du signal émis à une quelconque fréquence ne doit jamais dépasser le gabarit de densité PSD en émission. Pour un émetteur-récepteur UIT-T G.9963, la somme des densités PSD des deux signaux émis à partir des deux ports d'émission à une quelconque fréquence ne doit jamais dépasser le gabarit TxPSD. Le niveau de densité PSD du signal émis peut encore être réduit par un plafonnement de densité PSD (PSDC, *PSD ceiling*), qui est appliqué à tous les nœuds intervenant dans une connexion particulière (paragraphe 5.4).

Le gabarit LPM (voir les paragraphes 6.1.2, 6.2.2 et 6.3.2) spécifie la limite absolue de densité PSD en émission. Toutefois, si un gabarit RPM est spécifié pour une région particulière, la limite absolue doit, à une quelconque fréquence donnée, se situer au niveau minimum entre les gabarits LPM et RPM. Le gabarit SM, le plafonnement PSDC et le gabarit PSM peuvent réduire encore et conformer la densité PSD en émission au moyen des trois mécanismes suivants: masquage de la sous-porteuse (élimination), plafonnement de la densité PSD (limite du niveau de la densité PSD) et conformation de la densité PSD.

Les émetteurs-récepteurs UIT-T G.9960 et UIT-T G.9963 doivent prendre en charge le masquage de la sous-porteuse, l'élimination des bandes radioamateur internationales et le plafonnement de la densité PSD. La prise en charge de la conformation de la densité PSD est facultative.

Le gabarit de densité PSD en émission doit être conforme aux prescriptions réglementaires nationales et régionales.

Le gabarit LPM est fondé sur l'hypothèse selon laquelle les mesures sont effectuées au moyen d'un équipement conforme aux spécifications de la norme [b-IEC CISPR 16-1] où sont employés un détecteur de valeur efficace avec une fonction de "maintien de la valeur maximale" et une largeur de bande de résolution de 9 kHz pour les fréquences inférieures à 30 MHz et de 120 kHz pour les fréquences supérieures à 30 MHz. Afin d'être conforme aux spécifications de la norme [b-IEC CISPR 22] et d'effectuer des mesures fiables, les émetteurs-récepteurs UIT-T G.9960 doivent être actifs pendant au moins 10% du temps et maintenir le niveau de puissance d'émission pendant au moins 250 ms.

NOTE – Outre les mécanismes décrits dans le présent paragraphe, qui fournissent des limites absolues pour la densité PSD en émission (tant dans la bande que hors bande), la présente Recommandation définit un mécanisme de plafonnement de densité PSD qui permet de réduire dynamiquement la puissance d'émission pour chaque connexion particulière jusqu'à une valeur minimale qui est suffisante pour atteindre les objectifs donnés de qualité de service (QoS, *quality of service*).

5.1 Masquage de sous-porteuse

Le masquage de sous-porteuse doit être employé pour supprimer l'émission sur une ou plusieurs sous-porteuses. Il est défini par un gabarit de sous-porteuse (SM). La puissance d'émission des sous-porteuses spécifiée dans le gabarit SM doit être mise à zéro (échelle linéaire). Le gabarit SM doit supplanter toutes les autres instructions liées à la puissance d'émission de la sous-porteuse.

Le gabarit SM est défini comme un nombre de bandes de fréquences masquées. Chaque bande est spécifiée au moyen d'un indice de sous-porteuse de début (x_L) et d'un indice de sous-porteuse de fin (x_H) sous la forme d'une paire $\{x_L, x_H\}$. Un gabarit SM comportant S bandes peut être représenté sous la forme suivante:

$$SM(S) = [\{x_{L1}, x_{H1}\}, \{x_{L2}, x_{H2}\}, \dots, \{x_{LS}, x_{HS}\}]$$

Toutes les sous-porteuses dans la bande, c'est-à-dire dont l'indice est supérieur ou égal à x_L et inférieur ou égal à x_H , doivent être désactivées (puissance d'émission nulle).

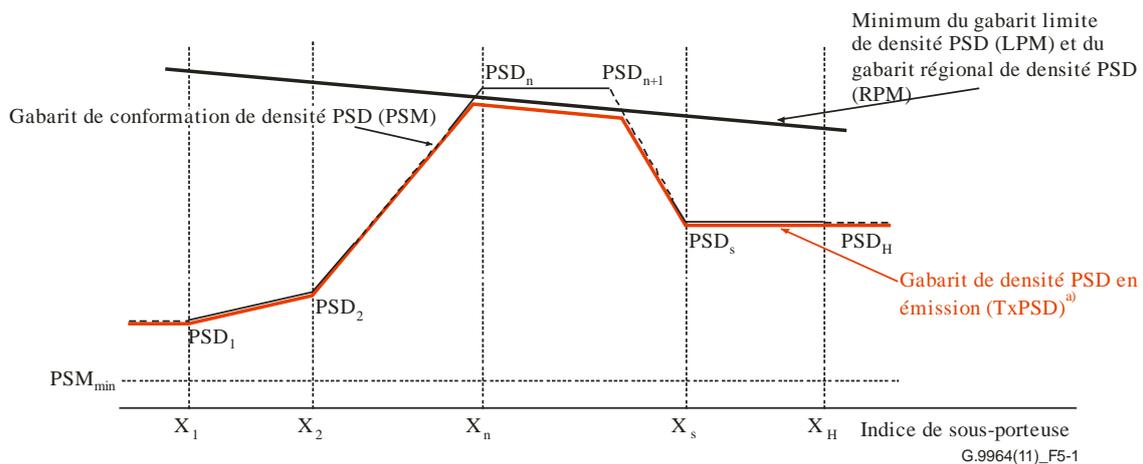
Les bandes radioamateur internationales (voir l'Annexe D) ne font pas partie du gabarit SM. Le nœud doit être en mesure de désactiver une ou plusieurs de ces bandes.

NOTE – Le gabarit SM sert à incorporer les sous-porteuses masquées visées à l'annexe régionale pour se conformer aux règlements locaux et aux sous-porteuses masquées définies par l'utilisateur ou le fournisseur de services en vue de faciliter les pratiques locales de déploiement.

5.2 Conformation de densité spectrale de puissance

La conformation de densité spectrale de puissance (PSD) permet de réduire le niveau de densité PSD en émission dans certaines parties du spectre, principalement pour assurer la compatibilité spectrale et la coexistence avec des technologies de réseau domestique étranger. La conformation de densité PSD est spécifiée par un gabarit de conformation de densité PSD (PSM).

Le gabarit PSM est défini sur une gamme de fréquences comprise entre la sous-porteuse inférieure x_1 et la sous-porteuse supérieure x_H et comporte un ou plusieurs segments de fréquences. Les limites des segments sont définies par un ensemble de points de rupture. Dans chaque segment, la densité PSD peut soit être constante soit être à pente constante entre des points de densité PSD donnée (en dBm/Hz), la fréquence étant exprimée sur une échelle linéaire (Figure 5-1).



^{a)} Le gabarit de sous-porteuse (SM) n'est pas indiqué dans cette figure.

Figure 5-1 – Structure du gabarit de densité PSD en émission

Chacun des points de rupture du gabarit PSM est spécifié au moyen d'un indice de sous-porteuse x_n et d'une valeur de densité PSD_n au niveau de cette sous-porteuse, exprimée en dBm/Hz, sous la forme d'une paire $\{x_n, PSD_n\}$. La densité PSD_1 doit aussi s'appliquer aux sous-porteuses d'indice inférieur à x_1 et la densité PSD_H doit aussi s'appliquer aux sous-porteuses d'indice supérieur à x_H . Un gabarit PSM comportant S segments peut être représenté à l'aide de $(S+1)$ points de rupture sous la forme suivante:

$$PSM(S) = [\{x_1, PSD_1\}, \{x_2, PSD_2\} \dots \{x_s, PSD_s\}, \{x_H, PSD_H\}]$$

Un nœud prenant en charge une conformation de densité PSD doit prendre en charge jusqu'à 32 points de rupture de gabarit PSM.

La valeur maximale des pentes du gabarit PSM doit faire l'objet d'un complément d'étude.

Si un ou plusieurs points de rupture de gabarit PSM sont au-dessus du gabarit LPM ou du gabarit régional de densité PSD (RPM), le gabarit de densité PSD en émission doit être égal à: $TxPSD = \min(PSM, LPM, RPM)$. Toutes les valeurs de densité PSD_n aux points de rupture de gabarit PSM doivent être supérieures à la valeur du gabarit PSM_{min} . La valeur du gabarit PSM_{min} ne doit pas être à plus de 30 dB sous la valeur de crête du gabarit de conformation de densité PSD.

NOTE – Les points de rupture du gabarit PSM n'ont aucun rapport avec les points de rupture du gabarit SM. Le gabarit SM et les bandes radioamateur internationales éliminées supplantent toujours le gabarit PSM, si les mêmes indices sont concernés.

5.3 Élimination des bandes radioamateur internationales

Lorsqu'une bande radioamateur internationale est masquée, les sous-porteuses de fréquence $(F_{AL} - F_{SC}) \leq f \leq (F_{HL} - F_{SC})$, où F_{AL} et F_{HL} sont les fréquences inférieure et supérieure de la bande, comme défini à l'Annexe D, doivent être désactivées (puissance d'émission nulle). En outre, pour tout nœud fonctionnant sur une ligne téléphonique ou une ligne électrique, la densité PSD du signal émis dans toutes les bandes radioamateur internationales qui sont masquées dans un domaine particulier doit être égale à -85 dBm/Hz ou moins.

Les pentes limites de la densité PSD sont à la discrétion du vendeur.

5.4 Plafonnement de densité spectrale de puissance

Le plafonnement de densité PSD (PSDC) spécifie le niveau de densité PSD qui est utilisé pour imposer une limite (c'est-à-dire une fonction plafonnement) au signal émis. Il est indépendant de la fréquence et est défini au moyen d'une seule valeur en dBm/Hz. Ses valeurs valables vont de -50 dBm/Hz à -100 dBm/Hz par pas de 2 dB.

Le plafonnement PSDC doit être pris en charge par tous les émetteurs-récepteurs UIT-T G.9960.

5.5 Élimination des bandes de fréquences sur une ligne d'abonné numérique à très haute vitesse 2

Tout nœud fonctionnant sur une ligne téléphonique, sur un câble coaxial ou sur une ligne électrique doit être en mesure de réduire le niveau de densité PSD du signal émis dans une ou plusieurs bandes de fréquences sur une ligne d'abonné numérique à très haute vitesse 2 (VDSL2) jusqu'à des niveaux convenant à une émission fiable des signaux VDSL2, comme défini à l'Annexe E.

6 Spécifications du contenu spectral en fonction du support

6.1 Spécifications du contenu spectral pour les lignes téléphoniques

6.1.1 Paramètres de commande

Dans le Tableau 6-1 sont indiqués les paramètres de commande du multiplexage par répartition en fréquences orthogonales (OFDM, *orthogonal frequency division multiplexing*) valables pour les divers ~~plans de bande~~ bandes de fréquences opérationnelles (OFB) définies pour les lignes téléphoniques. Les paramètres sont définis dans [UIT-T G.9960].

Tableau 6-1 – Paramètres de commande du multiplexage par répartition en fréquences orthogonales pour les lignes téléphonique

Type de domaine	<u>Ligne téléphonique</u> (Note 5)			
<u>Nom de l'OFB</u>	<u>Profil 1</u>			<u>Profil 2</u> (Note 6)
	50 MHz-TB (Note 2)	100 MHz-TB (Note 3)	200 MHz-TB (Note 4)	
<u>Fréquence opérationnelle minimale</u>	<u>0</u> MHz	<u>0</u> MHz	<u>0</u> MHz	<u>OF_{MIN}</u>
<u>Fréquence opérationnelle maximale</u>	<u>50</u> MHz	<u>100</u> MHz	<u>200</u> MHz	<u>OF_{MAX}</u>
<i>N</i>	1 024	2 048	4 096	$(OF_{MAX} - OF_{MIN})/F_{SC}$
<i>F_{SC}</i>	48,828125 kHz	48,828125kHz	48,828125 kHz	<u>48,828125</u> kHz
<u>S (Fréquence d'échantillonnage)</u>	<u>N × F_{SC}</u>	<u>N × F_{SC}</u>	<u>N × F_{SC}</u>	<u>N × F_{SC}</u>
<i>N_{GI}</i>	<i>N</i> /32 × <i>k</i> pour <i>k</i> = 1,...,8 échantillons @ <u>50S</u> Méchantillons/s	<i>N</i> /32 × <i>k</i> pour <i>k</i> = 1,...,8 échantillons @ <u>100S</u> Méchantillons/s	<i>N</i> /32 × <i>k</i> pour <i>k</i> = 1,...,8 échantillons @ <u>200S</u> Méchantillons/s	<u><i>N</i>/32 × <i>k</i> pour <i>k</i> = 1,...,8 échantillons @ <i>S</i> Méchantillons/s</u>
<i>N_{GI-HD}</i>	<i>N</i> /4 = 256 échantillons @ <u>50S</u> Méchantillons/s	<i>N</i> /4 = 512 échantillons @ <u>100S</u> Méchantillons/s	<i>N</i> /4 = 1 024 échantillons @ <u>200S</u> Méchantillons/s	<u><i>N</i>/4 échantillons @ <i>S</i> Méchantillons/s</u>
<i>N_{GI-DF}</i>	<i>N</i> /4 = 256 échantillons @ <u>50S</u> Méchantillons/s	<i>N</i> /4 = 512 échantillons @ <u>100S</u> Méchantillons/s	<i>N</i> /4 = 1 024 échantillons @ <u>200S</u> Méchantillons/s	<u><i>N</i>/4 échantillons @ <i>S</i> Méchantillons/s</u>
<i>β</i>	<i>N</i> /32 = 32 échantillons @ <u>50S</u> Méchantillons/s	<i>N</i> /32 = 64 échantillons @ <u>100S</u> Méchantillons/s	<i>N</i> /32 = 128 échantillons @ <u>200S</u> Méchantillons/s	<u><i>N</i>/32 échantillons @ <i>S</i> Méchantillons/s</u>
<i>F_{US}</i>	25 MHz	50 MHz	100 MHz	$(OF_{MAX} - OF_{MIN})/2$
<i>F_{UC}</i>	0 MHz	0 MHz	0 MHz	<u>OF_{MIN}</u>
Règle d'indexation de sous-porteuse (Note 1)	Règle N° 1	Règle N° 1	Règle N° 1	<u>Règle N° 1</u>

NOTE 1 – Voir le paragraphe 7.1.4.1 de [UIT-T G.9960] pour plus de détails sur les règles d'indexation des sous-porteuses.

NOTE 2 – La gamme des fréquences des sous-porteuses est comprise entre 0 et 50 MHz.

NOTE 3 – La gamme des fréquences des sous-porteuses est comprise entre 0 et 100 MHz.

NOTE 4 – La gamme des fréquences des sous-porteuses est comprise entre 0 et 200 MHz.

NOTE 5 – Le profil de la bande de base de la ligne téléphonique est également applicable à tout autre câble à paires métalliques (p. ex. Cat 5).

NOTE 6 – OF_{MAX} et OF_{MIN} correspondent à la fréquence maximale et à la fréquence minimale susceptibles d'être utilisées pendant une transmission OFB du profil 2. OF_{MAX} et OF_{MIN} doivent être des multiples de 50 MHz.

6.1.2 Spécifications du gabarit de densité spectrale de puissance sur les lignes téléphoniques

Le gabarit limite de densité PSD (LPM) pour l'exploitation sur les lignes téléphoniques (~~plans de bande~~OFB 50 MHz-TB, 100 MHz-TB et 200 MHz-TB) doit être tel qu'il est présenté dans la Figure 6-1 pour les ~~plans de bande~~OFB 50 MHz-TB et 100 MHz-TB ~~et~~, dans la Figure 6-1.1 pour ~~le plan de bande~~'OFB 200 MHz-TB ~~et dans la Figure 6-1.2 pour les OFB du profil 2~~, les valeurs des fréquences f_L - f_H étant celles qui sont indiquées dans les Tableaux 6-2 et 6-3.

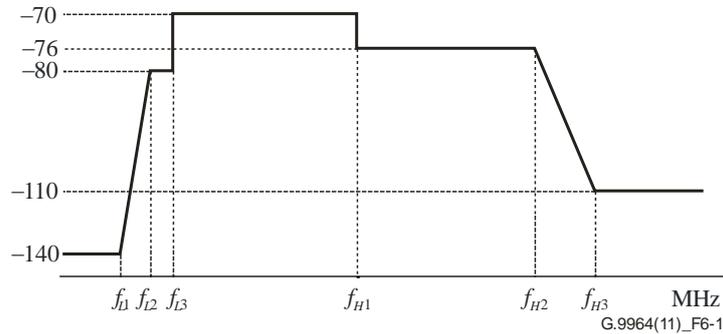


Figure 6-1 – Gabarit limite de densité PSD pour l'émission sur les lignes téléphoniques (les bandes radioamateur éliminées ne sont pas représentées)

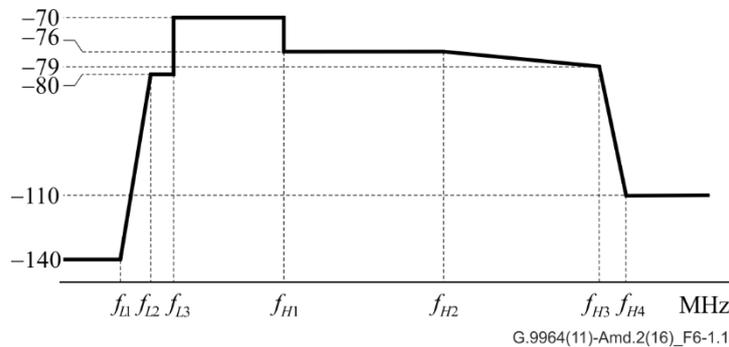


Figure 6-1.1 – Gabarit limite de densité PSD pour l'émission sur les lignes téléphoniques (les bandes radioamateur éliminées ne sont pas représentées)

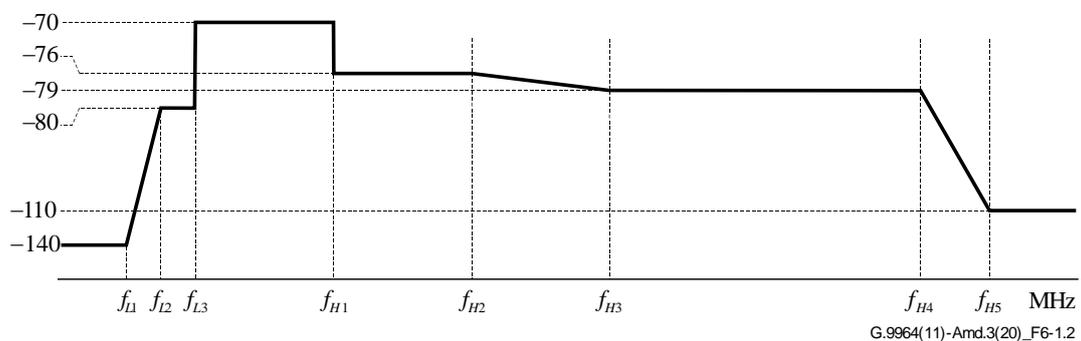


Figure 6-1.2 – Gabarit limite de densité PSD pour l'émission sur les lignes téléphoniques (les bandes radioamateur éliminées ne sont pas représentées)

Les valeurs des paramètres du spectre de fréquences pour les OFB 50 MHz-TB, 100 MHz-TB et 200 MHz-TB ainsi que pour les OFB du profil 2, sont présentées dans les Tableaux 6-2, 6-3 ~~et~~, 6-3.1 et 6-3.2, respectivement. Les points intermédiaires entre ceux qui sont définis dans les Figures 6-1 ~~et~~, 6-1.1 et 6-1.2

sont obtenus au moyen d'une interpolation linéaire (en dB sur une échelle de fréquences linéaire).

Tableau 6-2 – Paramètres du gabarit limite de densité PSD pour le plan de bande l'OFB 50 MHz-TB

Paramètres	Fréquence (MHz)	PSD (dBm/Hz)	Note/description
f_{L1}	1,7	-140	Assure la protection de l'ADSL sans séparateur
f_{L2}	3,5	-80	Coïncide avec la bande radioamateur
f_{L3}	4,0		
$f_{L3} + \Delta F$	$4,0 + \Delta F$	-70	ΔF est une valeur positive arbitrairement petite
$f_{H1} - \Delta F$	$30 - \Delta F$	-70	ΔF est une valeur positive arbitrairement petite
f_{H1}	30	-76	
f_{H2}	50		
f_{H3}	60	-110	

NOTE – Les sous-porteuses au-dessus de $f_{H2} - \Delta F$ ne doivent pas être utilisées pour l'émission (ni de données ni d'une quelconque information auxiliaire).

Tableau 6-3 – Paramètres du gabarit limite de densité PSD pour le plan de bande l'OFB 100 MHz-TB

Paramètres	Fréquence (MHz)	PSD (dBm/Hz)	Note/description
f_{L1}	1,7	-140	Assure la protection de l'ADSL sans séparateur
f_{L2}	3,5	-80	Coïncide avec la bande radioamateur
f_{L3}	4,0		
$f_{L3} + \Delta F$	$4,0 + \Delta F$	-70	ΔF est une valeur positive arbitrairement petite
$f_{H1} - \Delta F$	$30 - \Delta F$	-70	ΔF est une valeur positive arbitrairement petite
f_{H1}	30	-76	
f_{H2}	100		
f_{H3}	120	-110	

NOTE – Les sous-porteuses au-dessus de $f_{H2} - \Delta F$ ne doivent pas être utilisées pour l'émission (ni de données ni d'une quelconque information auxiliaire).

Tableau 6-3.1 – Paramètres du gabarit limite de densité PSD pour le plan de bande l'OFB 200 MHz-TB

Paramètres	Fréquence (MHz)	PSD, dBm/Hz	Note/description
f_{L1}	1,7	-140	Assure la protection de l'ADSL sans séparateur
f_{L2}	3,5	-80	Coïncide avec la bande radioamateur
f_{L3}	4,0		
$f_{L3} + \Delta F$	$4,0 + \Delta F$	-70	ΔF est une valeur positive arbitrairement petite
$f_{H1} - \Delta F$	$30 - \Delta F$	-70	ΔF est une valeur positive arbitrairement petite
f_{H1}	30	-76	

f_{H2}	100		
f_{H3}	200	-79	
f_{H4}	240	-110	
NOTE – Les sous-porteuses au-dessus de $f_{H2} - \Delta F$ ne doivent pas être utilisées pour l'émission (ni de données ni d'une quelconque information auxiliaire).			

Tableau 6-3.2 – Paramètres du gabarit limite de densité PSD pour les OFB du profil 2

<u>Paramètres</u>	<u>Fréquence (MHz)</u>	<u>PSD, dBm/Hz</u>	<u>Note/description</u>
f_{L1}	1,7	-140	Assure la protection de l'ADSL sans séparateur
f_{L2}	3,5	-80	Coïncide avec la bande radioamateur
f_{L3}	4,0		
$f_{L3} + \Delta F$	$4,0 + \Delta F$	-70	ΔF est une valeur positive arbitrairement petite
$f_{H1} - \Delta F$	$30 - \Delta F$	-70	ΔF est une valeur positive arbitrairement petite
f_{H1}	30	-76	
f_{H2}	100		
f_{H3}	200	-79	
f_{H4}	400	-79	
f_{H5}	480	-110	
NOTE – Les sous-porteuses au-dessus de $f_{H2} - \Delta F$ ne doivent pas être utilisées pour la transmission (de données ou d'informations auxiliaires).			

NOTE 1 – Lorsqu'une conformation supplémentaire du spectre est employée, comme décrit au paragraphe 5.2 (par exemple pour assurer la compatibilité du spectre, pour être conforme à la limite de puissance à large bande, ou pour d'autres motifs), diverses parties du gabarit de densité PSD pourraient être réduites en désactivant des sous-porteuses ou en réduisant le niveau de leur puissance d'émission. D'autres fréquences peuvent être éliminées si besoin est.

NOTE 2 – La mise en place de la ligne VDSL2 se fait habituellement en utilisant un séparateur de services ([b-UIT-T G.993.2] n'encourage pas les installations VDSL2 sans séparateur). Cela permet l'emploi du spectre UIT-T G.9960 vers le bas jusqu'à f_{L3} . Lorsque la ligne VDSL2 est employée sans séparateur, la basse fréquence du spectre UIT-T G.9960 doit être remontée et fixée de manière à être au-dessus de la sous-porteuse supérieure en aval de la ligne VDSL2.

Voir le paragraphe 7.2.1 de [UIT-T G.9960] pour d'autres spécifications au niveau de la couche physique concernant l'exploitation sur des lignes téléphoniques.

6.1.3 Sous-porteuses masquées de façon permanente

Les sous-porteuses 0-72 (incluse) doivent être masquées de façon permanente sur les lignes téléphoniques. Elles ne doivent pas être employées pour l'émission (ni de données ni d'une quelconque information auxiliaire).

6.2 Spécifications du contenu spectral pour les lignes électriques

6.2.1 Paramètres de commande

Dans le Tableau 6-4 sont indiqués les paramètres de commande de multiplexage OFDM valables pour les divers plans de bande OFB définies pour les lignes électriques. Ces paramètres sont définis dans [UIT-T G.9960].

**Tableau 6-4 – Paramètres de commande de multiplexage OFDM
pour les lignes électriques**

Type de domaine	Bande de base de la ligne électrique (PB)		
Nom du plan de bande de l'OFB Paramètre	Profil 1		
	25 MHz – PB (Note 3)	50 MHz – PB (Note 3)	100 MHz – PB (Note 3)
N	1 024	2 048	4 096
F_{SC}	24,4140625 kHz	24,4140625 kHz	24,4140625 kHz
N_{GI}	$N/32 \times k$ pour $k = 1, \dots, 8$ échantillons @ 25 Méchantillons/s	$N/32 \times k$ pour $k = 1, \dots, 8$ échantillons @ 50 Méchantillons/s	$N/32 \times k$ pour $k = 1, \dots, 8$ échantillons @ 100 Méchantillons/s
N_{GI-HD}	$N/4 = 256$ échantillons @ 25 Méchantillons/s	$N/4 = 512$ échantillons @ 50 Méchantillons/s	$N/4 = 1 024$ échantillons @ 100 Méchantillons/s
N_{GI-DF}	$N/4 = 256$ échantillons @ 25 Méchantillons/s	$N/4 = 512$ échantillons @ 50 Méchantillons/s	$N/4 = 1 024$ échantillons @ 100 Méchantillons/s
β	$N/8 = 128$ échantillons @ 25 Méchantillons/s	$N/8 = 256$ échantillons @ 50 Méchantillons/s	$N/8 = 512$ échantillons @ 100 Méchantillons/s
F_{US}	12.5 MHz	25 MHz	50 MHz
F_{UC}	0 MHz	0 MHz	0 MHz
Règle d'indexation de sous-porteuse (Note 1)	Règle N° 1	Règle N° 1	Règle N° 1
NOTE 1 – Voir le paragraphe 7.1.4.1 pour plus de détails sur les règles d'indexation des sous-porteuses.			
NOTE 2 – Les plans de bande à OFB de 25 MHz, 50 MHz et 100 MHz peuvent être employés par les nœuds fonctionnant dans le même domaine de bande de base de la ligne électrique.			
NOTE 3 – La gamme des fréquences des sous-porteuses est comprise entre 0 et $2 \times F_{US}$ MHz.			

6.2.2 Spécifications du gabarit de densité spectrale de puissance sur les lignes électriques

Le gabarit limite de densité PSD de la bande de base pour l'exploitation sur les lignes électriques doit être tel qu'il est présenté dans la Figure 6-2 pour 25 MHz-PB, 50 MHz-PB et 100 MHz-PB, les valeurs des fréquences f_L - f_H étant celles qui sont indiquées dans le Tableau 6-5.

NOTE 1 – Les niveaux de densité PSD peuvent encore être réduits par les prescriptions réglementaires relatives à la compatibilité électromagnétique (EMC, *electromagnetic compatibility*).

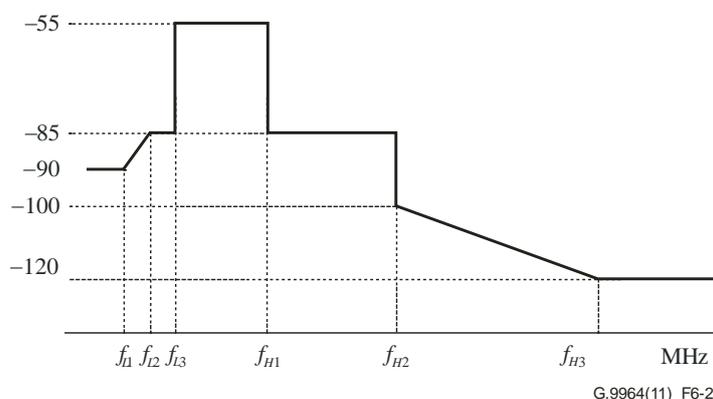


Figure 6-2 – Gabarit limite de densité PSD pour l'émission sur les lignes **électriques **électriques** pour les **plans de bande** **OFB** 25 MHz-PB, 50 MHz-PB et 100 MHz-PB (les bandes radioamateur éliminées ne sont pas représentées)**

Les valeurs des paramètres du spectre de fréquences pour 25 MHz-PB, 50 MHz-PB et 100 MHz-PB sont présentées dans le Tableau 6-5. Les points intermédiaires entre ceux qui sont définis dans la Figure 6-2 sont obtenus au moyen d'une interpolation linéaire (en dB sur une échelle de fréquences linéaire).

Tableau 6-5 – Paramètres du gabarit limite de densité PSD pour les **plans de bande **OFB** 25 MHz-PB, 50 MHz-PB, et 100 MHz-PB**

Paramètres	Fréquence (MHz)	PSD (dBm/Hz)	Note/description
f_{L1}	1,1	-90	La réduction supplémentaire sous 1.1 MHz vise à réduire la diaphonie dans l'ADSL
f_{L2}	1,8	-85	Coïncide avec la bande radioamateur
f_{L3}	2,0		
$f_{L3} + \Delta F$	$2,0 + \Delta F$	-55	ΔF est une valeur positive arbitrairement petite
$f_{H1} - \Delta F$	$30 - \Delta F$	-55	ΔF est une valeur positive arbitrairement petite
f_{H1}	30	-85	ΔF est une valeur positive arbitrairement petite
$f_{H2} - \Delta F$	$100 - \Delta F$		
f_{H2}	100	-100	
f_{H3}	250	-120	

NOTE – Les sous-porteuses au-dessus de $f_{H2} - \Delta F$ ne doivent pas être utilisées pour l'émission (ni de données ni d'une quelconque information auxiliaire).

NOTE 2 – Lorsqu'une conformation supplémentaire du spectre est employée, comme décrit au paragraphe 5.2 (par exemple pour assurer la compatibilité du spectre avec la ligne VDSL2 ou pour être conforme à la limite de puissance à large bande), diverses parties de ce gabarit de densité PSD pourraient être réduites en désactivant des sous-porteuses ou en réduisant le niveau de leur puissance d'émission. D'autres fréquences peuvent être éliminées si besoin est.

Les sous-porteuses de fréquences $(80 \text{ MHz} - F_{SC}) \leq f \leq (100 \text{ MHz} + F_{SC})$ doivent être masquées (puissance d'émission nulle) au moyen du gabarit SM à moins que l'usage de cette bande est admis par la réglementation régionale.

Voir le paragraphe 7.2.2 de [UIT-T G.9960] pour d'autres spécifications au niveau de la couche physique concernant l'exploitation sur des lignes électriques.

6.2.3 Sous-porteuses masquées de façon permanente

Pour les émissions dans la bande de base, les sous-porteuses 0-74 (incluse) doivent être masquées de façon permanente sur les lignes électriques. Elles ne doivent pas être employées pour l'émission (ni de données ni d'une quelconque information auxiliaire).

6.3 Spécifications du contenu spectral pour les câbles coaxiaux

6.3.1 Paramètres de commande

Dans le Tableau 6-6 sont indiqués les paramètres de commande de multiplexage OFDM valables pour les divers ~~es plans de bande~~ [OFB](#) définies pour les câbles coaxiaux. Ces paramètres sont définis dans [UIT-T G.9960].

Tableau 6-6 – Paramètres de commande de multiplexage OFDM pour les câbles coaxiaux

Type de domaine	Bande de base du câble coaxial (CB) (Note 2)			Câble coaxial	Fréquence radioélectrique du câble coaxial (CRF) (Note 2)	
Nom de l'OFB	OFB du profil 1			OFB du profil 2 (Note 10)	OFB du profil 1	
	50 MHz-CB (Note 4)	100 MHz-CB (Note 5)	200 MHz-CB (Note 9)		50 MHz-CRF (Note 6)	100 MHz-CRF (Note 7)
Fréquence opérationnelle minimale	2560 MHz	5120 MHz	10240 MHz	OF _{MIN}	2560 MHz	5120 MHz
Fréquence opérationnelle maximale	50 MHz	100 MHz	200 MHz	OF _{MAX}	50 MHz	100 MHz
F _{SC}	195,3125 kHz	195,3125 kHz	195,3125 kHz	48,828125 kHz	195,3125 kHz	195,3125 kHz
S (Fréquence d'échantillonnage)	N × F _{SC}	N × F _{SC}	N × F _{SC}	N × F _{SC}	N × F _{SC}	N × F _{SC}
N _{GI}	N/32 × k pour k = 1,...,8 échantillons @ 50S Méchantillons/s	N/32 × k pour k = 1,...,8 échantillons @ 100S Méchantillons/s	N/32 × k pour k = 1,...,8 échantillons @ 200S Méchantillons/s	N/32 × k pour k = 1,...,8 échantillons @ S Méchantillons/s	N/32 × k pour k = 1,...,8 échantillons @ 50S Méchantillons/s	N/32 × k pour k = 1,...,8 échantillons @ 100S Méchantillons/s
N _{GI-HD}	N/4 = 64 échantillons @ 50S Méchantillons/s	N/4 = 128 échantillons @ 100S Méchantillons/s	N/4 = 256 échantillons @ 200S Méchantillons/s	N/4 échantillons @ S Méchantillons/s	N/4 = 64 échantillons @ 50S Méchantillons/s	N/4 = 128 échantillons @ 100S Méchantillons/s
N _{GI-DF}	N/4 = 64 échantillons @ 50S Méchantillons/s	N/4 = 128 échantillons @ 100S Méchantillons/s	N/4 = 256 échantillons @ 200S Méchantillons/s	N/4 échantillons @ S Méchantillons/s	N/4 = 64 échantillons @ 50S Méchantillons/s	N/4 = 128 échantillons @ 100S Méchantillons/s
β	N/32 = 8 échantillons @ 50S Méchantillons/s	N/32 = 16 échantillons @ 100S Méchantillons/s	N/32 = 32 échantillons @ 200S Méchantillons/s	N/32 échantillons @ S Méchantillons/s	N/32 = 8 échantillons @ 50S Méchantillons/s	N/32 = 16 échantillons @ 100S Méchantillons/s

Tableau 6-6 – Paramètres de commande de multiplexage OFDM pour les câbles coaxiaux

Type de domaine	Bande de base du câble coaxial (CB) (Note 2)			<u>Câble coaxial</u>	Fréquence radioélectrique du câble coaxial (CRF) (Note 2)	
<u>Nom de l'OFB</u>	<u>OFB du profil 1</u>			<u>OFB du profil 2 (Note 10)</u>	<u>OFB du profil 1</u>	
	50 MHz-CB (Note 4)	100 MHz-CB (Note 5)	200 MHz-CB (Note 9)		50 MHz-CRF (Note 6)	100 MHz-CRF (Note 7)
F_{US}	25 MHz	50 MHz	100 MHz	$(OF_{MAX} - OF_{MIN})/2$	25 MHz	50 MHz
F_{UC}	0 MHz	0 MHz	0 MHz	OF_{MIN}	X (Note 3)	Y (Note 3)
Règle d'indexation de sous-porteuse (Note 1)	Règle N° 1	Règle N° 1	Règle N° 1	<u>Règle N° 1</u>	Règle N° 1 si $X = Y$, ou règle N° 2 si $X + 25 \text{ MHz} =$ $Y + 50 \text{ MHz}$ (Note 8)	Règle N° 1 si $X = Y$, ou règle N° 2 si $X + 25 \text{ MHz} =$ $Y + 50 \text{ MHz}$ (Note 8)

NOTE 1 – Voir le paragraphe 7.1.4.1 pour plus de détails sur les règles d'indexation des sous-porteuses.

NOTE 2 – Les ~~plans de bande~~OFB de 50 MHz, 100 MHz et 200 MHz peuvent être employés par des nœuds fonctionnant dans le même domaine de bande de base du câble coaxial. Les mêmes principes s'appliquent aux ~~plans de bande~~OFB de 50 MHz et 100 MHz définies pour le domaine de fréquence radioélectrique du câble coaxial.

NOTE 3 – Les valeurs de F_{UC} doivent être choisies dans l'ensemble des valeurs valables définies dans le Tableau 7-65 de [UIT-T G.9960] et peuvent être soumises aux règles régionales de gestion du spectre.

NOTE 4 – La gamme des fréquences des sous-porteuses est comprise entre 0 et 50 MHz.

NOTE 5 – La gamme des fréquences des sous-porteuses est comprise entre 0 et 100 MHz.

NOTE 6 – La gamme des fréquences des sous-porteuses est comprise entre X MHz et (X + 50) MHz.

NOTE 7 – La gamme des fréquences des sous-porteuses est comprise entre Y MHz et (Y + 100) MHz.

NOTE 8 – La règle d'indexation particulière est spécifiée dans chacune des annexes régionales.

NOTE 9 – La gamme des fréquences des sous-porteuses est comprise entre 0 et 200 MHz.

NOTE 10 – $OF_{MAX} - OF_{MIN}$ doivent être des multiples de 50 MHz.

6.3.2 Spécifications du gabarit de densité spectrale de puissance sur les câbles coaxiaux

Le gabarit limite de densité PSD pour l'exploitation sur les câbles coaxiaux à la fréquence radioélectrique est présenté dans la Figure 6-3, les valeurs des fréquences étant celles qui sont indiquées dans le Tableau 6-7 (~~plan de bande~~ OFB 50 MHz-CRF) et dans le Tableau 6-8 (~~plan de bande~~ OFB 100 MHz-CRF), et la largeur de bande étant égale à $BW = f_{H1} - f_{L3}$.

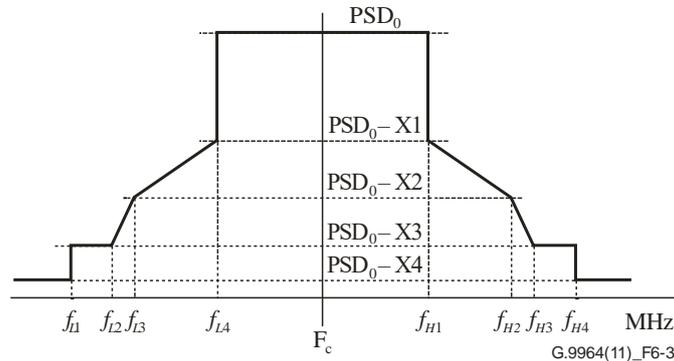


Figure 6-3 – Gabarit limite de densité PSD d'un canal unique pour l'émission à fréquence radioélectrique sur les câbles coaxiaux

Les valeurs proposées des paramètres du spectre de fréquences pour les câbles coaxiaux sont présentées dans les Tableaux 6-7 et 6-8. On suppose que les points intermédiaires entre ceux qui sont définis dans la Figure 6-3 sont obtenus par interpolation linéaire (en dB sur une échelle de fréquences linéaire).

Tableau 6-7 – Paramètres du gabarit limite de densité PSD pour le plan de bande OFB 50 MHz-CRF

Paramètres	Fréquence (MHz)	PSD (dBm/Hz) (Note 1)	Note/description
$F_C - f_{L1}$	75	$PSD_0 - 50$	
$F_C - f_{L2}$	50	$PSD_0 - 45$	
$F_C - f_{L3}$	35	$PSD_0 - 40$	
$F_C - f_{L4}$	25	$PSD_0 - 20$	
	$f_{L4} + \Delta F$	PSD_0	ΔF est une valeur positive arbitrairement petite
F_C	$M \times 25$ MHz	PSD_0	
	$f_{H1} - \Delta F$	PSD_0	ΔF est une valeur positive arbitrairement petite
$f_{H1} - F_C$	25	$PSD_0 - 20$	
$f_{H2} - F_C$	35	$PSD_0 - 40$	
$f_{H3} - F_C$	50	$PSD_0 - 45$	
$f_{H4} - F_C$	75	$PSD_0 - 50$	

NOTE 1 – $PSD_0 = -68$ dBm/Hz.
 NOTE 2 – Les sous-porteuses au-dessous de $f_{L4} + \Delta F$ et au-dessus de $f_{H1} - \Delta F$ ne doivent pas être utilisées pour l'émission (ni de données ni d'une quelconque information auxiliaire).

**Tableau 6-8 – Paramètres du gabarit limite de densité PSD
pour le plan de bande OFB 100 MHz-CRF**

Paramètres	Fréquence (MHz)	PSD (dBm/Hz) (Note 1)	Note/description
$F_C - f_{L1}$	150	$PSD_0 - 50$	
$F_C - f_{L2}$	100	$PSD_0 - 45$	
$F_C - f_{L3}$	70	$PSD_0 - 40$	
$F_C - f_{L4}$	50	$PSD_0 - 20$	
	$f_{L4} + \Delta F$	PSD_0	ΔF est une valeur positive arbitrairement petite
F_C	$M \times 25$ MHz	PSD_0	
	$f_{H1} - \Delta F$	PSD_0	ΔF est une valeur positive arbitrairement petite
$f_{H1} - F_C$	50	$PSD_0 - 20$	
$f_{H2} - F_C$	70	$PSD_0 - 40$	
$f_{H3} - F_C$	100	$PSD_0 - 45$	
$f_{H4} - F_C$	150	$PSD_0 - 50$	
NOTE 1 – $PSD_0 = -68$ dBm/Hz.			
NOTE 2 – Les sous-porteuses au-dessous de $f_{L4} + \Delta F$ et au-dessus de $f_{H1} - \Delta F$ ne doivent pas être utilisées pour l'émission (ni de données ni d'une quelconque information auxiliaire).			

NOTE 1 – Lorsqu'une conformation supplémentaire du spectre est employée, comme décrit au paragraphe 5.2, le niveau du gabarit de densité PSD en émission pourrait être réduit en des parties pertinentes de ce spectre en désactivant des sous-porteuses ou en réduisant le niveau de leur puissance d'émission.

NOTE 2 – Lorsque plusieurs canaux sont établis sur le même câble coaxial, les écarts appropriés entre les fréquences centrales des canaux devraient être fixés de manière à tenir compte des valeurs pour la densité PSD hors-bande indiquées dans les Tableaux 6-7 et 6-8.

NOTE 3 – Les signaux parasites hors-bande à la sortie d'un nœud fonctionnant sur un câble coaxial à la fréquence radioélectrique sont supposés respecter le gabarit limite de densité PSD défini dans les Tableaux 6-7 et 6-8. La limite pour la puissance totale des signaux parasites hors bande doit faire l'objet d'un complément d'étude. Les prescriptions concernant les signaux parasites dans la bande doivent aussi faire l'objet d'un complément d'étude.

NOTE 4 – Les spécifications des bandes de garde doivent quant à elles aussi faire l'objet d'un complément d'étude.

Le gabarit limite de densité PSD pour l'exploitation sur les OFB de câbles coaxiaux dans la bande de base du profil 1 (plans de base OFB 50 MHz-CB, 100 MHz-CB, 200 MHz-CB) est présenté dans la Figure 6-4, les valeurs des fréquences et les niveaux des densités étant ceux qui sont indiqués dans le Tableau 6-9 (plan de bande OFB 50 MHz-CB), dans le Tableau 6-10 (plan de bande OFB 100 MHz-CB) et dans le Tableau 6-10.1 (plan de bande OFB 200 MHz-CB), et la largeur de bande étant égale à $BW = f_{H1} - f_{L2}$.

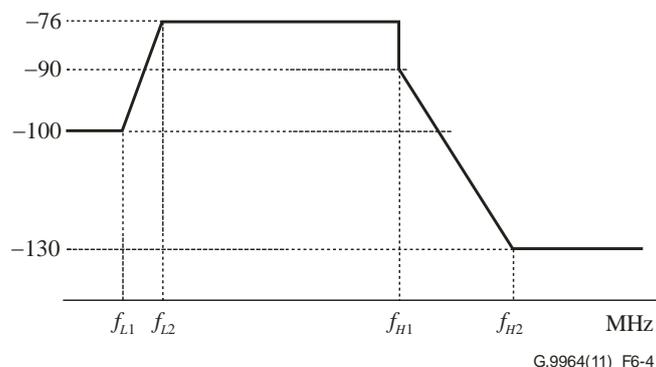


Figure 6-4 – Gabarit limite de densité PSD pour l'émission dans la bande de base sur un câble coaxial (OFB du profil 1)

Les points intermédiaires entre ceux qui sont définis dans la Figure 6-4 sont obtenus au moyen d'une interpolation linéaire (en dB sur une échelle de fréquences linéaire).

Tableau 6-9 – Paramètres du gabarit limite de densité PSD pour le plan de bande l'OFB 50 MHz-CB

Paramètres	Fréquence (MHz)	PSD (dBm/Hz)	Note/description
f_{L1}	1	-100	
f_{L2}	5	-76	
$f_{H1} - \Delta F$	$50 - \Delta F$	-76	ΔF est une valeur positive arbitrairement petite
f_{H1}	50	-90	
f_{H2}	70	-130	

NOTE – Les sous-porteuses au-dessus de $f_{H1} - \Delta F$ ne doivent pas être utilisées pour l'émission (ni de données ni d'une quelconque information auxiliaire).

Tableau 6-10 – Paramètres du gabarit limite de densité PSD pour le plan de bande l'OFB 100 MHz-CB

Paramètres	Fréquence (MHz)	PSD (dBm/Hz)	Note/description
f_{L1}	1	-100	
f_{L2}	5	-76	
$f_{H1} - \Delta F$	$100 - \Delta F$	-76	ΔF est une valeur positive arbitrairement petite
f_{H1}	100	-90	
f_{H2}	140	-130	

NOTE – Les sous-porteuses au-dessus de $f_{H1} - \Delta F$ ne doivent pas être utilisées pour l'émission (ni de données ni d'une quelconque information auxiliaire).

**Table 6-10.1 – Paramètres du gabarit limite de densité PSD
pour le plan de bande l'OFB 200 MHz-CB**

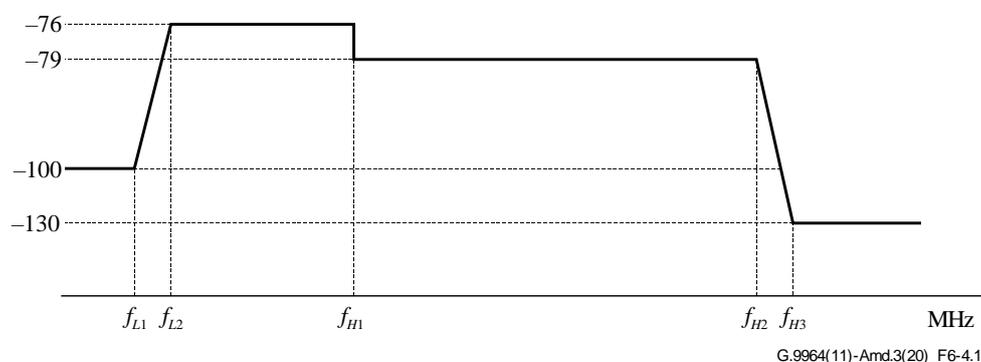
Paramètres	Fréquence (MHz)	PSD (dBm/Hz)	Note/description
f_{L1}	1	-100	
f_{L2}	5	-76	
$f_{H1} - \Delta F$	$200 - \Delta F$	-76	ΔF est une valeur positive arbitrairement petite
f_{H1}	200	-90	
f_{H2}	280	-130	

NOTE – Les sous-porteuses au-dessus de $f_{H1} - \Delta F$ ne doivent pas être utilisées pour l'émission (ni de données ni d'une quelconque information auxiliaire).

NOTE 5 – Lorsqu'une conformation supplémentaire du spectre est employée, comme décrit au paragraphe 5.2, le niveau du gabarit de densité PSD en émission peut être réduit en des parties pertinentes de ce spectre en désactivant des sous-porteuses ou en réduisant le niveau de leur puissance d'émission.

Voir le paragraphe 7.2.3 de [UIT-T G.9960] pour d'autres spécifications au niveau de la couche physique concernant l'exploitation sur des câbles coaxiaux.

Le gabarit limite de densité PSD pour l'exploitation sur les OFB de câbles coaxiaux du profil 2 est présenté dans la Figure 6-4.1, les fréquences et les niveaux des densités étant indiqués dans le Tableau 6-10.2, pour une largeur de bande $BW = f_{H1} - f_{L2}$.



**Figure 6-4.1 – Gabarit limite de densité PSD des câbles coaxiaux
(OFB du profil 2)**

Les points intermédiaires entre ceux qui sont définis dans la Figure 6-4.1 sont obtenus au moyen d'une interpolation linéaire (en dB sur une échelle de fréquences linéaire).

**Tableau 6-10.2 – Paramètres du gabarit limite de densité PSD
sur les câbles coaxiaux pour les OFB du profil 2**

<u>Paramètres</u>	<u>Fréquence (MHz)</u>	<u>PSD (dBm/Hz)</u>	<u>Note/description</u>
f_{L1}	1	-100	
f_{L2}	5	-76	
$f_{H1} - \Delta F$	$200 - \Delta F$	-76	ΔF est une valeur positive arbitrairement petite
f_{H1}	200	-79	
f_{H2}	2000	-79	
f_{H3}	2200	-130	

NOTE 6 – Lorsqu'une conformation supplémentaire du spectre est employée, comme indiqué au paragraphe 5.2, le niveau du gabarit de densité PSD en émission peut être réduit dans les parties pertinentes de ce spectre en désactivant des sous-porteuses ou en réduisant le niveau de leur puissance d'émission.

Voir le paragraphe 7.2.3 de la Recommandation [UIT-T G.9960] pour d'autres spécifications au niveau de la couche physique concernant l'exploitation sur des câbles coaxiaux.

6.3.3 Sous-porteuses masquées de façon permanente

Pour les émissions dans la bande de base, les sous-porteuses 0-10 (incluse) doivent être masquées de façon permanente sur les câbles coaxiaux. Elles ne doivent pas être employées pour l'émission (ni de données ni d'une quelconque information auxiliaire).

6.3.4 Coexistence sur les câbles coaxiaux

Les nœuds sur les câbles coaxiaux doivent avoir des capacités et employer des procédures précises de détection et d'agilité de fréquence pour éviter de perturber les réseaux domestiques étrangers et d'autres services (par exemple les services de communication et de radiodiffusion) fonctionnant sur le même dispositif coaxial. Les détails de ces capacités et procédures seront spécifiés dans une version ultérieure de la présente Recommandation.

6.4 Impédance de terminaison

Les valeurs nominales de l'impédance (charge) de terminaison pour les différents types de supports sont définies dans le Tableau 6-11. L'impédance normalisée de terminaison doit être employée pour la mesure de la densité PSD et de la puissance totale d'émission.

Tableau 6-11 – Impédance normalisée de terminaison

Support	Impédance de terminaison
Bande de base de la ligne électrique	100 ohms
Ligne téléphonique	100 ohms
Bande de base du câble coaxial	75 ohms
Fréquence radioélectrique du câble coaxial	75 ohms

6.5 Puissance totale d'émission

La puissance totale d'émission de l'émetteur-récepteur ayant une impédance normalisée de terminaison (voir le paragraphe 6.4) ne doit pas dépasser les valeurs indiquées dans le Tableau 6-12.

Table 6-12 – Limite de la puissance totale d'émission

Support	Plan de bande OFB	Limite de la puissance d'émission (dBm)	Gamme de fréquences de la mesure (MHz)
Ligne électrique dans la bande de base	50 MHz-PB	+20	0,005-100
	100 MHz-PB	+20	0,005-150
Ligne téléphonique	50 MHz-TB	+3	0,005-100
	100 MHz-TB	+4,5	0,005-150
	200 MHz-TB	+6	0,005-250
	<u>Profil 2</u>	<u>$3 + 1,5 \times \text{Log}_2(F/50)$</u>	<u>$OF_{MAX} - OF_{MIN}$</u>
Câble coaxial dans la bande de base	50 MHz-CB	-1	0,005-100
	100 MHz-CB	+2	0,005-150
	200 MHz-CB	+5	0,005-300
	<u>Profil 2</u>	<u>$-1 + 3 \times \text{Log}_2(F/50)$</u>	<u>$OF_{MAX} - OF_{MIN}$</u>
Câble coaxial à la fréquence radioélectrique	50 MHz-RF	+5	$(F_{UC} - 100) - (F_{UC} + 100)$
	100 MHz-RF	+8	$(F_{UC} - 150) - (F_{UC} + 150)$
<u>NOTE – F=($OF_{MAX} - OF_{MIN}$) (voir les Tableaux 6-1, 6-4 et 6-6)</u>			

6.6 Impédance d'entrée du récepteur

Lorsque, sur une ligne électrique, un dispositif n'émet pas, il doit avoir une impédance minimale de 40 ohms dans la bande de 1,8 à 50 MHz, mesurée entre la borne de ligne (phase) et la borne neutre. Il doit avoir une impédance minimale de 20 ohms dans les gammes de 100 kHz à 1,8 MHz et de 50 MHz à 100 MHz.

Annexe A

(Cette annexe a été intentionnellement laissée en blanc.)

Annexe B

(Cette annexe a été intentionnellement laissée en blanc.)

Annexe C

(Cette annexe a été intentionnellement laissée en blanc.)

Annexe D

Bandes radioamateur internationales

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

**Tableau D.1 – Bandes radioamateur internationales
dans la gamme de fréquence 0-100 MHz**

Début de la bande (kHz)	Fin de la bande (kHz)	SC _{DÉBUT} (Note 1)	SC _{FIN} (Note 1)	SC _{DÉBUT} (Note 2)	SC _{FIN} (Note 2)
1 800	2 000	73	82	36	41
3 500	4 000	143	164	71	82
7 000	7 300	286	300	143	150
10 100	10 150	413	416	206	208
14 000	14 350	573	588	286	294
18 068	18 168	740	745	370	373
21 000	21 450	860	879	430	440
24 890	24 990	1 019	1 024	509	512
28 000	29 700	1 146	1 217	573	609
50 000	54 000	2 047	2 212	1 023	1 106
69 900	70 500	2 863	2 888	1 431	1 444
144 000	148 000	N/A	N/A	2 949	3 032
219 000	225 000	N/A	N/A	4 485	4 619
420 000	450 000	N/A	N/A	8 601	9 217

NOTE 1 – L'indice de la sous-porteuse est fondé sur un espacement de 24,4140625 kHz (~~tous les plans de bande~~[toutes les OFB](#) des lignes électriques).

NOTE 2 – L'indice de la sous-porteuse est fondé sur un espacement de 48,828125 kHz (~~tous les plans de bande~~[toutes les OFB](#) des lignes téléphoniques) où SC_{DÉBUT} et SC_{FIN} renvoient aux indices de début et de fin des sous-porteuses masquées, respectivement, si les bandes correspondantes sont masquées.

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.)

Cette annexe définit les moyens de réduire l'impact de [UIT-T G.9960] sur le service de ligne d'abonné numérique à très haute vitesse 2 (VDSL2). Ces moyens varient en fonction du type de support et de la question de savoir si le service partage les mêmes supports filaires que le service VDSL2 ou s'il est acheminé à proximité. Les bandes de fréquences VDSL2 actuelles sur lesquelles les émissions UIT-T G.9960 ont un impact et les réductions de niveau de densité PSD correspondantes sont aussi propres aux régions et peuvent être configurées par l'intermédiaire d'un système de gestion à distance ou de celui d'un domaine local au moyen de paramètres de configuration définis dans la présente annexe. Les détails doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

Appendice I

Bandes de fréquences radioélectriques additionnelles

(Cet appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation.)

Le présent appendice énumère des bandes de fréquences radioélectriques additionnelles dans lesquelles une réduction de densité spectrale de puissance (PSD) peut être imposée par la réglementation nationale.

Tableau I.1 – Bandes attribuées à la radiodiffusion internationale

Début de bande (kHz)	Fin de bande (kHz)
2 300	2 498
3 200	3 400
3 900	4 000
4 750	5 060
5 900	6 200
7 200	7 450
9 400	9 900
11 600	12 100
13 570	13 870
15 100	15 800
17 480	17 900
18 900	19 020
21 450	21 850
25 670	26 100

Table I.2 – Bandes attribuées au service mobile aéronautique

Début de bande (kHz)	Fin de bande (kHz)
2 850	3 150
3 400	3 500
3 800	3 950
4 650	4 850
5 450	5 730
6 525	6 765
8 815	9 040
10 005	10 100
11 175	11 400
13 200	13 360
15 010	15 100
17 900	18 030
21 924	22 000
23 200	23 350

Table I.3 – Bandes attribuées à la radioastronomie

Début de bande (kHz)	Fin de bande (kHz)
13 360	13 410
25 550	25 670

Bibliographie

- [b-UIT-T G.993.2] Recommandation UIT-T G.993.2 (2006), *Émetteurs-récepteurs de ligne d'abonné numérique à très grande vitesse 2 (VDSL2)*.
- [b-IEC CISPR 16-1] IEC CISPR 16-1:2010, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1-1: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Appareils de mesure*.
- [b-IEC CISPR 22] IEC CISPR 22:2008, *Appareils de traitement de l'information – Caractéristiques des perturbations radioélectriques – Limites et méthodes de mesure*.

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série D	Principes de tarification et de comptabilité et questions de politique générale et d'économie relatives aux télécommunications internationales/TIC
Série E	Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
Série F	Services de télécommunication non téléphoniques
Série G	Systemes et supports de transmission, systemes et reseaux numériques
Série H	Systemes audiovisuels et multimédias
Série I	Reseau numérique à intégration de services
Série J	Reseaux câblés et transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Environnement et TIC, changement climatique, déchets d'équipements électriques et électroniques, efficacité énergétique; construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	Gestion des télécommunications y compris le RGT et maintenance des reseaux
Série N	Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle
Série O	Spécifications des appareils de mesure
Série P	Qualité de transmission téléphonique, installations téléphoniques et reseaux locaux
Série Q	Commutation et signalisation et mesures et tests associés
Série R	Transmission télégraphique
Série S	Equipements terminaux de télégraphie
Série T	Terminaux des services télématiques
Série U	Commutation télégraphique
Série V	Communications de données sur le reseau téléphonique
Série X	Reseaux de données, communication entre systemes ouverts et sécurité
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information, protocole Internet, reseaux de prochaine génération, Internet des objets et villes intelligentes
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systemes de télécommunication