

Union internationale des télécommunications

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.9700

(04/2014)

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

Réseaux d'accès – Réseaux d'accès métalliques

**Accès rapide aux terminaux d'abonné (G.fast) –
Spécification de la densité spectrale de
puissance**

Recommandation UIT-T G.9700

UIT-T



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

CONNEXIONS ET CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX	G.100–G.199
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES COMMUNES À TOUS LES SYSTÈMES ANALOGIQUES À COURANTS PORTEURS	G.200–G.299
CARACTÉRISTIQUES INDIVIDUELLES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX À COURANTS PORTEURS SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.300–G.399
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX HERTZIENS OU À SATELLITES ET INTERCONNEXION AVEC LES SYSTÈMES SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.400–G.449
COORDINATION DE LA RADIOTÉLÉPHONIE ET DE LA TÉLÉPHONIE SUR LIGNES	G.450–G.499
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION ET DES SYSTÈMES OPTIQUES	G.600–G.699
EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	G.700–G.799
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.800–G.899
SECTIONS NUMÉRIQUES ET SYSTÈMES DE LIGNES NUMÉRIQUES	G.900–G.999
QUALITÉ DE SERVICE ET DE TRANSMISSION MULTIMÉDIA – ASPECTS GÉNÉRIQUES ET ASPECTS LIÉS À L'UTILISATEUR	G.1000–G.1999
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.6000–G.6999
DONNÉES SUR COUCHE TRANSPORT – ASPECTS GÉNÉRIQUES	G.7000–G.7999
ASPECTS RELATIFS AUX PROTOCOLES EN MODE PAQUET SUR COUCHE TRANSPORT	G.8000–G.8999
RÉSEAUX D'ACCÈS	G.9000–G.9999
Réseaux d'accès métalliques	G.9700–G.9799
Systèmes de transmission par ligne optique pour les réseaux locaux et les réseaux d'accès	G.9800–G.9899
Réseaux intérieurs	G.9900–G.9999

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

Recommandation UIT-T G.9700

Accès rapide aux terminaux d'abonné (G.fast) – Spécification de la densité spectrale de puissance

Résumé

La Recommandation UIT-T G.9700 spécifie les exigences relatives au gabarit de densité spectrale de puissance (PSD, *power spectral density*) pour l'accès rapide aux terminaux d'abonné (G.fast), un ensemble d'outils servant à réduire le gabarit de densité PSD en émission, des paramètres de commande de profil qui déterminent le contenu spectral, y compris la puissance d'émission cumulée maximale admissible dans une impédance de terminaison donnée, et une méthode permettant de vérifier la densité PSD en émission. Elle complète la spécification de la couche physique (PHY) figurant dans la Recommandation UIT-T G.9701.

Historique

Edition	Recommandation	Approbation	Commission d'études	ID unique*
1.0	ITU-T G.9700	2014-04-04	15	11.1002/1000/12010

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

AVANT-PROPOS

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

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

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

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

NOTE

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

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

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

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

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT [avait/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 2015

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 1
4	Abréviations et acronymes 2
5	Conventions 2
6	Gabarit de densité PSD en émission..... 2
6.1	Aperçu 2
6.2	Gabarit limite de densité PSD (LPM) 3
6.3	Masquage de sous-porteuse 3
6.4	Conformation de densité spectrale de puissance 4
6.5	Coupure de bandes de fréquences spécifiques 4
6.6	Masquage de bande d'arrêt basse fréquence 6
7	Spécification du contenu spectral 7
7.1	Paramètres de commande de profil 7
7.2	Spécifications des gabarits de densité PSD 8
7.3	Impédance de terminaison 11
7.4	Puissance d'émission cumulée maximale 11
8	Vérification de la densité PSD en émission..... 11
	Appendice I – Bandes radioamateur internationales..... 13
	Appendice II – Bandes utilisées pour la radiodiffusion..... 14
	Appendice III – Définition de la densité PSD en émission (TXPSD) pour les émissions non continues 15

Recommandation UIT-T G.9700

Accès rapide aux terminaux d'abonné (G.fast) – Spécification de la densité spectrale de puissance

1 Domaine d'application

La présente Recommandation complète la spécification de la couche physique (PHY) figurant dans la Recommandation [UIT-T G.9701].

Elle spécifie:

- les exigences relatives au gabarit limite de densité spectrale de puissance (PSD);
- un ensemble d'outils servant à réduire le gabarit de densité PSD en émission;
- des paramètres de commande de profil qui déterminent le contenu spectral, y compris la puissance d'émission cumulée maximale admissible dans une impédance de terminaison donnée; et
- une méthode permettant de vérifier la densité PSD en émission.

Ainsi, la technique permet de tenir compte:

- des exigences régionales;
- des exigences des opérateurs en termes de déploiement, par exemple de la compatibilité avec d'autres techniques de ligne d'abonné numérique (DSL);
- des réglementations ou normes applicables en matière de compatibilité électromagnétique; et
- des questions de compatibilité électromagnétique au niveau local.

2 Références

Les Recommandations UIT-T et autres références suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions de la présente Recommandation. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Les Recommandations et autres références étant sujettes à révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des Recommandations et autres références énumérées ci-dessous. Une liste des Recommandations UIT-T en vigueur est publiée périodiquement.

La référence à un document figurant dans la présente Recommandation ne donne pas à ce document en tant que tel le statut de Recommandation.

[UIT-T G.993.2] Recommandation UIT-T G.993.2 (2011), *Emetteurs-récepteurs de ligne d'abonné numérique à très haut débit 2 (VDSL2)*.

[UIT-T G.9701] Recommandation UIT-T G.9701 (2014), *Accès rapide aux terminaux d'abonné (G.fast) – Spécification de la couche physique*.

3 Définitions

La présente Recommandation définit les termes suivants:

3.1 plafond(x): plus petit nombre entier supérieur ou égal à x .

3.2 plancher(x): plus grand nombre entier inférieur ou égal à x .

3.3 f_{sc} : paramètre représentant l'espacement des fréquences des sous-porteuses.

3.4 sous-porteuse: élément fondamental d'un modulateur DMT (tonalités multiples discrètes). Le modulateur subdivise la largeur de bande du canal en un ensemble de sous-canaux parallèles. La fréquence centrale de chaque sous-canal est une sous-porteuse, sur laquelle les bits peuvent être modulés pour transmission sur un canal.

4 Abréviations et acronymes

La présente Recommandation utilise les abréviations et acronymes suivants:

DAB	radiodiffusion audionumérique (<i>digital audio broadcasting</i>)
DMT	tonalités multiples discrètes (<i>discrete multitone</i>)
DP	point de distribution (<i>distribution point</i>)
DSL	ligne d'abonné numérique (<i>digital subscriber line</i>)
EMC	compatibilité électromagnétique (<i>electromagnetic compatibility</i>)
FAST (G.fast)	accès rapide aux terminaux d'abonné (<i>fast access to subscriber terminals</i>)
FM	modulation de fréquence (<i>frequency modulation</i>)
FTU	émetteur-récepteur FAST (<i>FAST transceiver unit</i>)
FTU-O	FTU côté unité de réseau optique (<i>FTU at the optical network unit</i>)
FTU-R	FTU côté distant (<i>FTU at the remote site</i>) (c'est-à-dire à l'extrémité abonné de la boucle)
LESM	gabarit de bande d'arrêt basse fréquence (<i>low-frequency edge stop-band mask</i>)
LPM	gabarit limite de densité PSD (<i>limit PSD mask</i>)
MBW	largeur de bande de mesure (<i>measurement bandwidth</i>)
MIB	base d'informations de gestion (<i>management information base</i>)
NM	gabarit de coupure (<i>notching mask</i>)
PSD	densité spectrale de puissance (<i>power spectral density</i>)
PSM	gabarit de conformation de densité PSD (<i>PSD shaping mask</i>)
QoS	qualité de service (<i>quality of service</i>)
SM	gabarit de sous-porteuse (<i>subcarrier mask</i>)
TDD	duplex à répartition dans le temps (<i>time division duplexing</i>)
TxPSDM	gabarit de densité PSD en émission (<i>transmit PSD mask</i>)

5 Conventions

Aucune.

6 Gabarit de densité PSD en émission

6.1 Aperçu

Le gabarit de densité PSD en émission (TxPSDM) est élaboré à partir d'une combinaison des gabarits suivants:

- gabarit limite de densité PSD (LPM);
- gabarit de sous-porteuse (SM);

- gabarit de conformation de densité PSD (PSM);
- gabarit de coupure (NM); et
- gabarit de bande d'arrêt basse fréquence (LESM).

Le gabarit TxPSDM appliqué à l'émetteur-récepteur FAST (FTU) côté unité de réseau optique (FTU-O) peut être différent de celui appliqué au FTU côté distant (c'est-à-dire à l'extrémité abonné de la boucle) (FTU-R).

Pour un FTU, la densité PSD du signal d'émission à n'importe quelle fréquence ne doit jamais dépasser le gabarit TxPSDM.

Le gabarit LPM (voir le § 7.2.1) spécifie la limite maximale absolue du gabarit TxPSDM. Le gabarit de sous-porteuse (SM), le gabarit de conformation de densité PSD (PSM), le gabarit de coupure (NM) et le gabarit de bande d'arrêt basse fréquence (LESM) permettent de réduire et de conformer le gabarit TxPSDM au moyen de quatre mécanismes:

- masquage de sous-porteuse;
- coupure de bandes de fréquences spécifiques;
- conformation de la densité PSD; et
- masquage de bande d'arrêt basse fréquence.

La prise en charge de ces quatre mécanismes est obligatoire à la fois dans le FTU-O et dans le FTU-R.

Le gabarit TxPSDM doit respecter les réglementations applicables dans les pays et dans les régions.

NOTE 1 – Lors de la détermination de la densité PSD adéquate à utiliser pour une juridiction précise, les opérateurs devraient utiliser les outils fournis pour garantir la conformité avec les réglementations nationales et régionales relatives à la compatibilité électromagnétique (EMC) et accorder une attention particulière à la protection des récepteurs destinés aux services liés à la sécurité de la vie humaine, qui pourraient ne pas être immédiatement adjacents aux câbles de branchement porteurs de signaux UIT-T G.9701. A titre d'exemple, citons différents canaux pour la radionavigation aéronautique en ondes métriques dans la bande 108-117,975 MHz, les canaux pour les communications aéronautiques d'urgence (par exemple la fréquence 121,5 MHz) et les canaux pour les communications maritimes d'urgence dans les bandes des ondes décimétriques et des ondes métriques.

NOTE 2 – Outre les gabarits définis dans la présente Recommandation qui établissent des limites absolues pour le gabarit TxPSDM (à la fois dans la bande et hors bande), la Recommandation [UIT-T G.9701] définit deux mécanismes: un mécanisme de fonctionnement discontinu qui permet au FTU de couper dynamiquement la puissance d'émission dans chaque connexion particulière en l'absence de données à transmettre, et un mécanisme de fonctionnement en mode basse puissance (L2). Grâce à ces deux mécanismes, le système peut réduire encore la puissance d'émission tout en remplissant les objectifs fixés de débit binaire et de qualité de service (QoS).

NOTE 3 – Le gabarit TXPSDM est défini pour diverses largeurs de bande moyennes, selon la fréquence définie dans le Tableau 8-1, à l'exception des sous-bandes situées à la limite inférieure de la bande de fréquences et dans la région des fréquences de coupures définies dans la zone de la base MIB, où les gabarits TXPSDM_W (bande large de 1 MHz) et TXPSDM_N (bande étroite de 10 kHz) s'appliquent, comme l'indiquent les § 6.5 et 6.6.

6.2 Gabarit limite de densité PSD (LPM)

Le gabarit limite de densité PSD (LPM) définit la limite de densité PSD maximale absolue du gabarit TxPSDM qui ne doit jamais être dépassée. Tous les autres gabarits et mécanismes utilisés pour élaborer le gabarit TxPSDM entraînent nécessairement une réduction du gabarit par rapport aux limites établies par le gabarit LPM.

6.3 Masquage de sous-porteuse

Le masquage de sous-porteuse doit être employé pour supprimer l'émission sur une ou plusieurs sous-porteuses. Le gabarit de sous-porteuse (SM) est configuré dans la base d'informations de gestion du

point de distribution (DP-MIB) au moyen du paramètre CARMASK de la Recommandation UIT-T G.997.1. 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 par un certain 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).

NOTE – Le gabarit SM est destiné à incorporer à la fois les sous-porteuses masquées qui sont définies par une annexe établissant les exigences régionales de manière à respecter les réglementations locales et les sous-porteuses masquées qui sont définies par l'utilisateur ou le fournisseur de services en vue de faciliter le déploiement local. La protection des services de radiocommunication n'est pas censée être assurée par le masquage de sous-porteuse, mais par la coupure (voir le § 6.5).

6.4 Conformation de densité spectrale de puissance

La conformation de densité spectrale de puissance (PSD) permet de réduire le gabarit TxPSDM dans certaines parties du spectre, principalement pour assurer la compatibilité spectrale et la coexistence avec d'autres technologies de réseau d'accès et de réseau domestique. Le gabarit de conformation de densité PSD est configuré dans la DP-MIB au moyen du paramètre PSDMASK de la Recommandation UIT-T G.997.1.

Le gabarit PSM est défini pour les fréquences comprises entre la sous-porteuse inférieure x_1 (avec $x_1 = \text{plafond}(f_{tr1}/f_{SC})$) et la sous-porteuse supérieure x_H (avec $x_H = \text{plancher}(f_{tr2}/f_{SC})$) et comporte un ou plusieurs segments de fréquences. Les extrémités des segments sont définies par un ensemble de points de rupture. Dans chaque segment, le gabarit PSM peut soit être constant soit être à pente constante entre les points de rupture donnés (en dBm/Hz), la fréquence étant exprimée sur une échelle linéaire.

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 FTU doit prendre en charge une configuration d'au moins 32 points de rupture pour le gabarit PSM.

Si un ou plusieurs points de rupture du gabarit PSM sont au-dessus du gabarit LPM, le gabarit de densité PSD en émission doit être égal à: $TxPSDM = \min(PSM, LPM)$. Toutes les valeurs de densité PSD_n aux points de rupture du gabarit PSM doivent être supérieures à -90 dBm/Hz.

6.5 Coupure de bandes de fréquences spécifiques

Le FTU doit pouvoir être configuré de manière telle qu'il puisse couper une ou plusieurs bandes de fréquences spécifiques afin de protéger les services de radiocommunication, par exemple les bandes radioamateur ou les bandes utilisées pour la radiodiffusion.

Dans le gabarit de coupure (NM), chaque coupure est définie au moyen d'indices de sous-porteuse $SC_{\text{début}}$ et SC_{fin} .

L'intervalle valable pour l'indice de tonalité de début de coupure, $SC_{\text{début}}$, correspond à tous les indices de tonalité valables qui sont inférieurs ou égaux à la fréquence minimale de la bande radio protégée moins $f_{SC}/2$. L'intervalle valable pour l'indice de tonalité de fin de coupure, SC_{fin} , correspond à tous les indices de tonalité valables qui sont supérieurs ou égaux à la fréquence maximale de la bande radio protégée plus $f_{SC}/2$.

Dans la coupure, toutes les sous-porteuses doivent être désactivées et le gabarit de coupure (NM) doit être égal au gabarit LPM -20 dB.

NOTE 1 – Les sous-porteuses situées d'un côté ou de l'autre des sous-porteuses masquées devront peut-être aussi être désactivées afin de respecter la profondeur de coupure requise pour le gabarit TxPSDM.

Un FTU doit prendre en charge au moins 16 coupures arbitraires simultanément.

Pour une coupure, deux gabarits de densité PSD sont définis:

- Un gabarit de densité PSD en émission à bande étroite (TXPSDM_N)
Ce gabarit est défini pour la vérification de la densité PSD sur une largeur de bande de mesure $MBW=10$ kHz centrée sur la fréquence considérée.

Le gabarit TXPSDM_N est défini comme étant le maximum entre le gabarit de coupure (NM) et une limite inférieure de -100 dBm/Hz:

$$TxPSDM_N = \max[NM, -100 \text{ dBm/Hz}].$$

- Un gabarit de densité PSD en émission à bande élargie (TXPSDM_W)
Ce gabarit est défini pour la vérification d'une densité PSD moyenne calculée mathématiquement sur une bande élargie (PSD_W), obtenue en prenant la moyenne des mesures à bande étroite (PSD_N) (mesures réalisées dans une largeur de bande de mesure $MBW=10$ kHz) dans une fenêtre de 1 MHz centrée sur la fréquence considérée:

$$PSD_W(f) = 10 \times \log_{10} \left(\left(\frac{1}{100} \right) \times \sum_{i=(-49)}^{50} 10^{\left(\frac{PSD_N(f+i \times 10 \text{ kHz})}{10} \right)} \right)$$

où:

$PSD_N(f)$ est la mesure à bande étroite à la fréquence f , exprimée en dBm/Hz

$PSD_W(f)$ est la densité PSD moyenne calculée mathématiquement sur une bande élargie à la fréquence f , exprimée en dBm/Hz.

Le gabarit TXPSDM_W est défini comme étant le maximum entre le gabarit de coupure (NM) et une limite inférieure telle que définie dans le Tableau 6-1 en fonction de la fréquence:

$$TxPSDM_W(f) = \max[NM(f), \text{limite inférieure}(f)].$$

Tableau 6-1 – Limite inférieure requise pour le gabarit TXPSDM_W

Fréquence MHz	Limite inférieure du gabarit TXPSDM_W [dBm/Hz]
2,0-4,0	-100
4,0-5,0	-110
> 5,0	-112

Pour les coupures de largeur inférieure à 1 MHz:

- La densité PSD en émission doit uniquement satisfaire le gabarit de densité PSD en émission à bande étroite TxPSDM_N, et ce pour les fréquences $(SC_{\text{début}} \times f_{SC} + \frac{1}{2} \times MBW) < f < (SC_{\text{fin}} \times f_{SC} - \frac{1}{2} \times MBW)$.

Pour les coupures de largeur égale ou supérieure à 1 MHz:

- la densité PSD en émission doit satisfaire le gabarit de densité PSD en émission à bande étroite TxPSDM_N pour les fréquences $(SC_{\text{début}} \times f_{SC} + \frac{1}{2} \times MBW) < f < (SC_{\text{fin}} \times f_{SC} - \frac{1}{2} \times MBW)$; et
- la densité PSD en émission moyenne sur une bande élargie (PSD_W(f)) doit satisfaire le gabarit de densité PSD en émission à bande élargie TxPSDM_W pour les fréquences $(SC_{\text{début}} \times f_{SC} + \frac{1}{2} \times MBW + 0,5 \text{ MHz}) < f < (SC_{\text{fin}} \times f_{SC} - \frac{1}{2} \times MBW - 0,5 \text{ MHz})$. La valeur de gabarit à utiliser pour les comparaisons doit être la valeur maximale prise par le gabarit dans la fenêtre de 1 MHz $[f - 0,5 \text{ MHz}, f + 0,5 \text{ MHz}]$.

L'Appendice I précise les fréquences des bandes radioamateur internationales. Les FTU devraient pouvoir être configurés de manière telle qu'ils puissent couper les bandes radioamateur nécessaires en fonction de la protection recherchée.

L'Appendice II précise les fréquences des services de radiodiffusion (modulation de fréquence (FM) et radiodiffusion audionumérique (DAB)).

Les configurations de coupure nécessaires dépendront des caractéristiques de chacun des services FM, DAB et des autres services de radiocommunication.

NOTE 2 – Le gabarit NM peut être utilisé pour couper des stations de radiodiffusion individuelles en fonction de l'utilisation du spectre.

6.6 Masquage de bande d'arrêt basse fréquence

Pour le gabarit de bande d'arrêt basse fréquence (LESM), deux gabarits de densité PSD sont définis:

- Un gabarit de densité PSD en émission à bande étroite (TXPSDM_N)

Ce gabarit est défini pour la vérification de la densité PSD sur une largeur de bande de mesure MBW=10 kHz centrée sur la fréquence considérée.

Le gabarit TXPSDM_N est défini comme illustré sur la Figure 6-1, où PSD_{tr3} est la valeur du gabarit LPM dans la bande à la fréquence f_{tr3} . Les valeurs du gabarit dans la bande de transition sont obtenues par interpolation linéaire en dB sur une échelle de fréquence linéaire.

La densité PSD en émission doit satisfaire le gabarit de densité PSD en émission à bande étroite TxPSDM_N pour les fréquences $(0,5 \text{ MHz} + \frac{1}{2} \times MBW) < f < (f_{tr3} - \frac{1}{2} \times MBW)$, où $f_{tr1} \leq f_{tr3} \leq 30 \text{ MHz}$. Les valeurs de densité PSD au-dessus de la fréquence de transition f_{tr3} sont considérées comme étant dans la bande et sont définies au § 7.2.1.1.

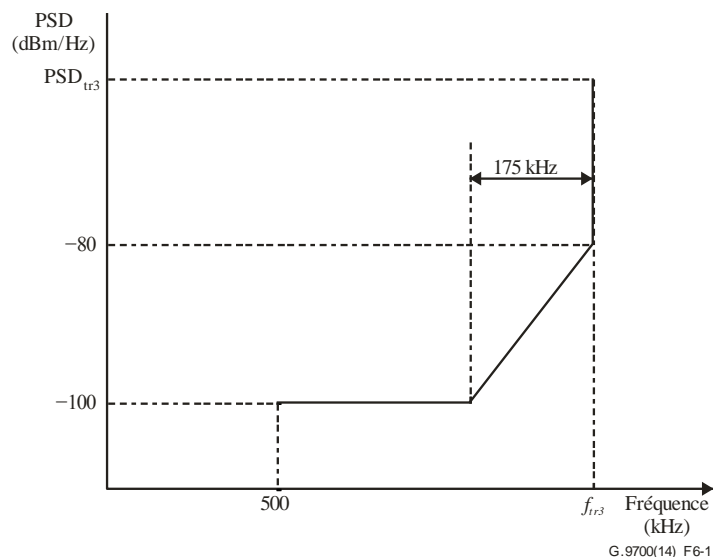


Figure 6-1 – Gabarit de bande d'arrêt basse fréquence

- Gabarit de densité PSD en émission à bande élargie (TXPSDM_W)
Ce gabarit est défini pour la vérification d'une densité PSD moyenne calculée mathématiquement sur une bande élargie dans une fenêtre de 1 MHz (PSD_W(f)) comme défini au § 6.5.
Le gabarit TXPSDM_W(f) est défini dans le Tableau 6-2 en fonction de la fréquence.
La densité PSD en émission moyenne sur une bande élargie (PSD_W(f)) doit satisfaire le gabarit de densité PSD en émission à bande élargie TxPSDM_W pour les fréquences $(2,0 \text{ MHz} + \frac{1}{2} \times \text{MBW} + 0,5 \text{ MHz}) < f < (f_{ir3} - 175\text{kHz} - \frac{1}{2} \times \text{MBW} - 0,5 \text{ MHz})$. La valeur du gabarit à utiliser pour les comparaisons doit être la valeur maximale prise par le gabarit dans la fenêtre de 1 MHz $[f - 0,5 \text{ MHz}, f + 0,5 \text{ MHz}]$.

Tableau 6-2 – Gabarit TXPSDM_W requis pour le gabarit LESM

Fréquence (MHz)	Gabarit TXPSDM_W pour le gabarit LESM (dBm/Hz)
2,0 à 4,0	-100
4,0 à 5,0	-110
> 5,0	-112

7 Spécification du contenu spectral

7.1 Paramètres de commande de profil

Pour chaque profil, des valeurs normatives sont spécifiées pour les paramètres suivants:

- le nombre de sous-porteuses (N);
- l'espacement des sous-porteuses (f_{SC});
- les paramètres d'extension cyclique L_{CP} et β ; et
- la puissance d'émission cumulée maximale (s'applique à la fois dans le sens aval et dans le sens amont).

Le Tableau 7-1 indique les paramètres de commande valables pour chaque profil. Les paramètres sont définis dans la Recommandation [UIT-T G.9701].

Tableau 7-1 – Paramètres de commande de profil

Paramètre	Profil (Note 1)	
	106 MHz	212 MHz
N	2048 (Note 2)	Pour étude ultérieure
f_{SC}	51,75 kHz	51,75 kHz
L_{CP}	$N/64 \times m$ pour $m = 4, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 24, 30$ et 33 échantillons pour $2 \times N \times f_{SC}$ échantillons/s	Pour étude ultérieure
β	64 et 128 échantillons pour $2 \times N \times f_{SC}$ échantillons/s	Pour étude ultérieure
Puissance d'émission cumulée maximale	+4 dBm (voir les § 7.3 et 7.4)	Pour étude ultérieure

NOTE 1 – De futurs profils pourront être définis avec des valeurs plus élevées pour la puissance d'émission cumulée maximale sous réserve que le gabarit limite de densité PSD spécifié dans la présente Recommandation soit respecté.

NOTE 2 – L'intervalle d'indices de sous-porteuse valables correspond aux fréquences comprises entre 2 et 106 MHz.

7.2 Spécifications des gabarits de densité PSD

7.2.1 Gabarit limite de densité PSD (LPM)

Le gabarit limite de densité PSD (LPM) représente le maximum absolu que le gabarit TxPSDM ne doit jamais dépasser. Les gabarits LPM dans la bande pour le profil à 106 MHz et le profil à 212 MHz sont présentés au § 7.2.1.1. Les gabarits LPM hors bande sont définis au § 7.2.1.2.

7.2.1.1 Gabarit LPM dans la bande

Les gabarits LPM dans la bande pour le profil à 106 MHz et le profil à 212 MHz sont illustrés respectivement sur les Figures 7-1 et 7-2. Les paramètres de ces gabarits LPM sont présentés respectivement dans les Tableaux 7-2 et 7-3.

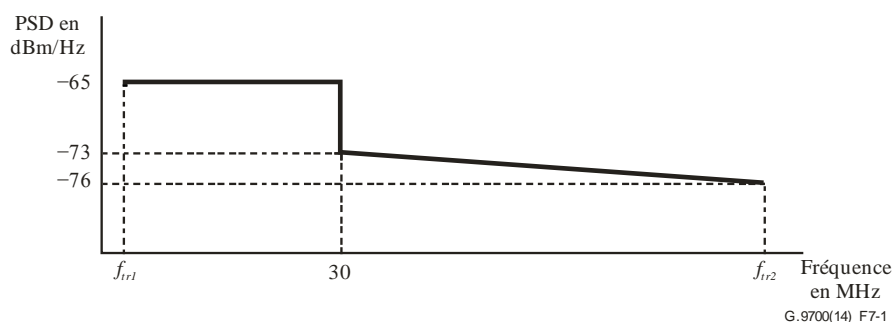


Figure 7-1 – Gabarit limite de densité PSD dans la bande pour le profil à 106 MHz

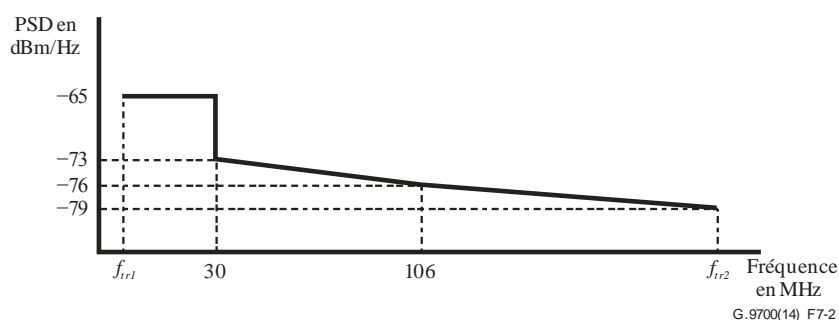


Figure 7-2 – Gabarit limite de densité PSD dans la bande pour le profil à 212 MHz

Tableau 7-2 – Paramètres du gabarit LPM dans la bande pour le profil à 106 MHz

Paramètre	Fréquence (MHz)	Densité PSD (dBm/Hz)	Description
f_{tr1}	2	-65	Le gabarit LPM au-dessous de f_{tr1} est défini au § 7.2.1.2.
	30	-65	
	30	-73	Les valeurs limites de densité PSD entre les points énumérés sont obtenues par interpolation linéaire en dB sur une échelle de fréquence linéaire. Le gabarit LPM au-dessus de f_{tr2} est défini au § 7.2.1.2.
f_{tr2}	106	-76	

Tableau 7-3 – Paramètres du gabarit LPM dans la bande pour le profil à 212 MHz

Paramètre	Fréquence (MHz)	Densité PSD (dBm/Hz)	Description
f_{tr1}	2	-65	Le gabarit LPM au-dessous de f_{tr1} est défini au § 7.2.1.2.
	30	-65	
	30	-73	Les valeurs limites de densité PSD entre les points énumérés sont obtenues par interpolation linéaire en dB sur une échelle de fréquence linéaire. Le gabarit LPM au-dessus de f_{tr2} est défini au § 7.2.1.2.
	106	-76	
f_{tr2}	212	-79	

NOTE 1 – Lorsqu'une conformation supplémentaire du spectre est employée, comme décrit au § 6 (par exemple pour assurer la compatibilité spectrale ou pour respecter la limite de puissance sur une bande élargie), diverses parties du gabarit TxPSDM pourraient être réduites en désactivant des sous-porteuses ou en réduisant le niveau de leur puissance d'émission. D'autres fréquences peuvent être coupées si besoin est.

7.2.1.2 Gabarit LPM hors bande

Le gabarit LPM hors bande doit être tel qu'illustré sur la Figure 7-3 pour le côté basse fréquence, et sur la Figure 7-4 pour le côté haute fréquence, où PSD_{tr1} est la valeur du gabarit LPM dans la bande à la fréquence f_{tr1} et PSD_{tr2} est la valeur du gabarit LPM dans la bande à la fréquence f_{tr2} . Les paramètres de ces gabarits LPM sont présentés respectivement dans les Tableaux 7-4 et 7-5.

Le gabarit LPM hors bande s'applique aux fréquences inférieures à la fréquence basse de transition f_{tr1} et aux fréquences supérieures à la fréquence haute de transition f_{tr2} . Les valeurs de densité PSD entre les fréquences de transition f_{tr1} et f_{tr2} sont considérées comme étant dans la bande et sont définies au § 7.2.1.1.

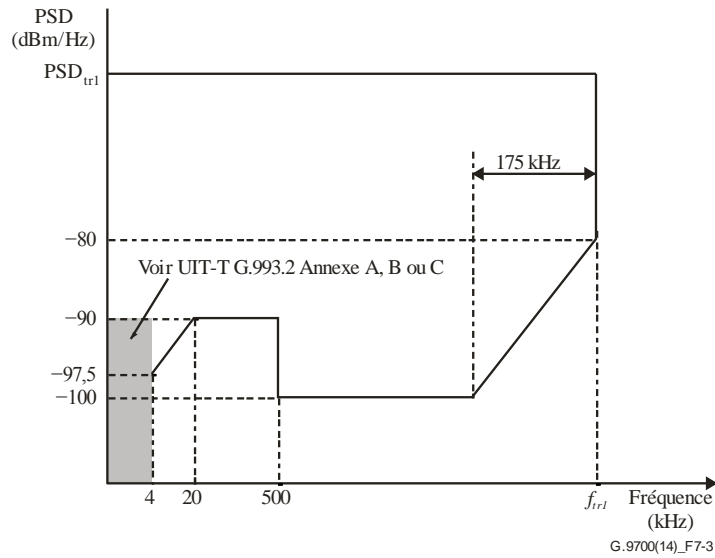


Figure 7-3 – Gabarit LPM hors bande côté basse fréquence

Les exigences pour les fréquences inférieures à 4 kHz sont spécifiées dans les Annexes A, B et C de la Recommandation [UIT-T G.993.2] respectivement pour les régions de l'Amérique du nord, de l'Europe et du Japon.

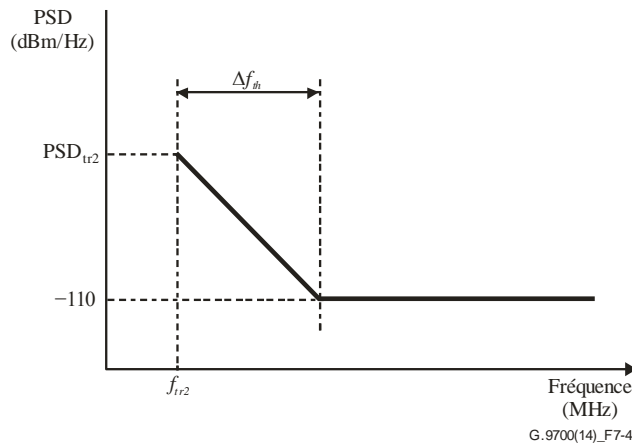


Figure 7-4 – Gabarit LPM hors bande côté haute fréquence

Tableau 7-4 – Paramètres du gabarit LPM hors bande côté basse fréquence

f_{tr1} (MHz)	Densité PSD_{tr1} (dBm/Hz)	Description
2	- 65	<p>La limite de densité PSD à la fréquence de transition f_{tr1} passe de PSD_{tr1} à -80 dBm/Hz.</p> <p>La limite de densité PSD dans la bande de transition est obtenue par interpolation linéaire en dB sur une échelle de fréquence linéaire.</p> <p>La limite de densité PSD entre 4 et 20 kHz est obtenue par interpolation linéaire en dB sur une échelle $\log(f)$.</p> <p>Les sous-porteuses au-dessous de f_{tr1} ne doivent pas être utilisées pour la transmission (ni de données ni d'informations auxiliaires quelles qu'elles soient).</p>

Tableau 7-5 – Paramètres du gabarit LPM hors bande côté haute fréquence

f_{ir2} (MHz)	Densité PSD _{tr2} (dBm/Hz)	Bande de transition, Δf_{th} (MHz)	Description
106	-76	20	La limite de densité PSD dans la bande de transition (Δf_{th}) est obtenue par interpolation linéaire en dB sur une échelle de fréquence linéaire. Les sous-porteuses au-dessus de f_{ir2} ne doivent pas être utilisées pour la transmission (ni de données ni d'informations auxiliaires quelles qu'elles soient).
212	-79	40	

7.2.2 Sous-porteuses masquées en permanence

Pour le profil à 106 MHz comme pour le profil à 212 MHz, les sous-porteuses d'indices compris entre 0 et 39 (inclus) doivent être masquées en permanence. Elles ne doivent pas être utilisées pour la transmission (ni de données ni d'informations auxiliaires quelles qu'elles soient).

7.3 Impédance de terminaison

Une impédance de terminaison de $R_V = 100$ ohms, purement résistive, à l'interface U, doit être utilisée pour le FTU-O et le FTU-R, en particulier pour la définition et la vérification de la densité PSD en émission et de la puissance d'émission cumulée.

7.4 Puissance d'émission cumulée maximale

Les valeurs de la puissance d'émission cumulée maximale sont définies dans la présente Recommandation dans l'hypothèse d'une émission continue. Dans les systèmes duplex à répartition dans le temps (DRT), tels que décrits dans la Recommandation [UIT-T G.9701], l'émission dans un sens donné n'est pas continue; elle a lieu uniquement pendant certaines périodes. Il faut en tenir compte dans la procédure de mesure appliquée.

La puissance d'émission cumulée maximale du FTU-O (dans le sens aval) et du FTU-R (dans le sens amont) ne doit pas dépasser le niveau spécifié dans le Tableau 7-1 pour n'importe quel profil donné lorsqu'elle est mesurée au moyen de l'impédance de terminaison définie au § 7.3.

Des limitations supplémentaires font l'objet d'annexes définissant différentes exigences régionales (pour étude ultérieure).

8 Vérification de la densité PSD en émission

Les valeurs du gabarit de densité PSD en émission sont définies dans la présente Recommandation dans l'hypothèse d'une émission continue. Dans les systèmes duplex à répartition dans le temps (TDD), tels que décrits dans la Recommandation [UIT-T G.9701], l'émission dans un sens donné n'est pas continue; elle a lieu uniquement pendant certaines périodes. Il faut en tenir compte dans la procédure de mesure appliquée.

La largeur de bande de mesure (MBW) à utiliser pour l'évaluation de la densité PSD doit être telle que définie dans le Tableau 8-1. Elle doit être centrée sur la fréquence considérée.

La valeur du gabarit à utiliser pour les comparaisons doit être la valeur maximale prise par le gabarit dans une fenêtre $[f - \frac{1}{2} \times \text{MBW}, f + \frac{1}{2} \times \text{MBW}]$.

NOTE – Si, dans une gamme de fréquences donnée, sont définis à la fois un gabarit de densité PSD en émission à bande étroite (TXPSDM_N) et un gabarit de densité PSD en émission à bande élargie (TXPSDM_W), les valeurs de largeur de bande de mesure définies dans le présent paragraphe se rapportent aux mesures de densité PSD à bande étroite PSD_N.

Les gabarits de densité PSD sont spécifiés par rapport à une impédance de terminaison de référence, telle que définie au § 7.3.

Tableau 8-1 – Largeur de bande de mesure à utiliser pour la vérification de la densité PSD en émission

Bande de fréquences	Largeur de bande de mesure (MBW)
$4 \text{ kHz} < f < 20 \text{ kHz}$	1 kHz
$20 \text{ kHz} < f < \text{ftr1}$	10 kHz
$(\text{ftr1} + \frac{1}{2} \times \text{MBW}) < f < (30 \text{ MHz} - \frac{1}{2} \times \text{MBW})$	1 MHz
$(30 \text{ MHz} + \frac{1}{2} \times \text{MBW}) < f < (\text{ftr2} - \frac{1}{2} \times \text{MBW})$	1 MHz
$\text{ftr2} < f < 300 \text{ MHz}$	100 kHz
N'importe quelle bande de fréquences coupée	10 kHz

Appendice I

Bandes radioamateur internationales

(Le présent appendice ne fait pas partie intégrante de la Recommandation.)

**Tableau I.1 – Bandes radioamateur internationales
dans la gamme de fréquences 0-212 MHz**

Début de bande (kHz)	Fin de bande (kHz)
1 800	2 000
3 500	4 000
7 000	7 300
10 100	10 150
14 000	14 350
18 068	18 168
21 000	21 450
24 890	24 990
28 000	29 700
50 000	54 000
70 000	70 500
144 000	148 000

Appendice II

Bandes utilisées pour la radiodiffusion

(Le présent appendice ne fait pas partie intégrante de la Recommandation.)

Le présent appendice couvre les bandes pour les récepteurs susceptibles de se trouver à proximité immédiate de l'installation, exception faite des attributions pour des technologies obsolètes telles que la télévision analogique. Généralement, les services concernés sont les services de radiodiffusion.

Tableau II.1 – Bandes utilisées pour la radiodiffusion dans la gamme de fréquences allant jusqu'à 212 MHz

Début de bande (kHz)	Fin de bande (kHz)	Service
87 500	108 000	FM
174 000	216 000	Télévision numérique de Terre (Région 2)
174 000	230 000	Télévision numérique de Terre/radiodiffusion audionumérique (Régions 1 et 3)

Appendice III

Définition de la densité PSD en émission (TXPSD) pour les émissions non continues

(Le présent appendice ne fait pas partie intégrante de la Recommandation.)

Le présent appendice fournit une définition formelle de la densité spectrale de puissance en émission (TXPSD) pour des signaux composés d'un flux de symboles comprenant des périodes de silence, tels que ceux produits par les systèmes DMT de duplexage par répartition dans le temps.

Le présent appendice définit la densité TXPSD qui s'applique à un flux de symboles émis, à un flux de symboles discontinu, ou à un flux de symboles continu. Les symboles émis sont tous des symboles émis durant la période d'émission et dans le sens de transmission. Les positions de symboles de silence durant la période d'émission sont exclues. Le présent Appendice ne définit pas une technique de mesure.

Le présent appendice définit la densité TXPSD comme une variable intermédiaire, une "densité spectrale de puissance de symboles émis" (TXSPSD). La densité TXSPSD se définit par rapport aux prévisions relatives à la densité spectrale d'énergie (ESD) des symboles émis dans une direction précise.

La densité spectrale d'énergie de la forme d'onde de la tension d'un symbole $V_s(t)$ est déterminée pour une impédance de référence de 100Ω .

$$ESD(V_s, f) = \frac{1}{R_0} \left| \int_{-\infty}^{\infty} V_s(t) \cdot e^{-i2\pi f t} dt \right|^2 \quad (\text{en unité de Joule/Hz})$$

$$R_0 = 100 \Omega$$

La densité TXSPSD est obtenue à partir de la densité spectrale d'énergie prévue pour une série de symboles émis.

$$TXSPSD(f) = f_{DMT} \cdot E[ESD(V(t), f); V \in S] \quad (\text{en unité de W/Hz})$$

$$S = \{S_0, S_1, \dots, S_N\}$$

S_0, S_1, \dots, S_N est une séquence valable de symboles émis

$E[x]$ est la prévision statistique de x .

Cette normalisation par la période du symbole garantit que, pour la limite, une séquence infinie de symboles a une densité TXSPSD qui converge vers la densité spectrale de puissance classique obtenue par la transformation de Fourier de la fonction d'autocorrélation.

La véritable densité TXPSD est définie dans une largeur de bande bw précise, comme suit:

$$TXPSD(bw, f) = 30 + 10 \times \log_{10} \left(\frac{1}{bw} \int_{f-\frac{bw}{2}}^{f+\frac{bw}{2}} TXSPSD(f_b) df_b \right) \quad (\text{en unité de dBm/Hz})$$

Le gabarit $TXPSDM(f)$ correspond au niveau maximal autorisé de la densité $TXPSD(bw, f)$ d'une longue séquence de symboles.

Les méthodes de vérification des spécifications sortent du cadre de cette Recommandation.

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	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	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	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	Reseaux de données, communication entre systemes ouverts et sécurité
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information, protocole Internet et reseaux de prochaine génération
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systemes de télécommunication