

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.9710

(02/2020)

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

Réseaux d'accès – Réseaux d'accès métalliques

**Accès rapide d'une capacité de plusieurs
gigabits aux terminaux d'abonné (MGfast) –
Spécification de la densité spectrale de
puissance**

Recommandation UIT-T G.9710

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.9710

Accès rapide d'une capacité de plusieurs gigabits aux terminaux d'abonné (MGfast) – Spécification de la densité spectrale de puissance

Résumé

La Recommandation UIT-T G.9710 indique les exigences relatives au gabarit de densité spectrale de puissance (PSD) pour l'accès rapide d'une capacité de plusieurs gigabits aux terminaux d'abonné (MGfast, Multi-gigabit fast access to subscriber terminals), qui constituent un ensemble d'outils destinés à réduire le gabarit de densité spectrale de puissance à l'émission et une méthode permettant de vérifier la densité spectrale de puissance à l'émission. Cette Recommandation permet le fonctionnement sur différents supports, à savoir les câbles à paires torsadées et les câbles coaxiaux.

Historique

Edition	Recommandation	Approbation	Commission d'études	ID unique*
1.0	ITU-T G.9710	2020-02-07	15	11.1002/1000/14022

Mots clés

G.mgfast-PSD

* 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	1
2 Références.....	1
3 Définitions	2
3.1 Termes définis ailleurs	2
3.2 Termes définis dans la présente Recommandation	2
4 Abréviations et acronymes	2
5 Conventions	3
6 Gabarit de densité PSD en émission.....	3
6.1 Aperçu	3
6.2 Gabarit limite de densité PSD (LPM)	4
6.3 Masquage de sous-porteuse	4
6.4 Conformation de densité spectrale de puissance	4
6.5 Coupure de bandes de fréquences spécifiques	5
6.6 Masquage de bande d'arrêt basse fréquence.....	6
7 Spécification du contenu spectral	8
7.1 Type de densité PSD	8
7.2 Spécifications des gabarits de densité PSD	8
8 Vérification de la densité PSD en émission.....	11
Annexe A à Annexe O	12
Annexe P – Adaptation au support à paires torsadées	13
P.1 Impédance de terminaison.....	13
Annexe Q – Adaptation au support à câbles coaxiaux.....	14
Q.1 Impédance de terminaison.....	14
Q.2 Vérification de la densité PSD à l'émission.....	14
Appendice I – Bandes radioamateur internationales.....	15
Appendice II – Autres services de communication aéronautique, de radionavigation et de radiodiffusion.....	16
Appendice III – Définition de la densité PSD en émission (TXPSD) pour les émissions non continues.....	17

Recommandation UIT-T G.9710

Accès rapide d'une capacité de plusieurs gigabits aux terminaux d'abonné (MGfast) – Spécification de la densité spectrale de puissance

1 Domaine d'application

La présente Recommandation constitue une spécification de la densité spectrale de puissance pour un accès rapide d'une capacité de plusieurs gigabits aux terminaux d'abonné (MGfast), qui permet la transmission à un débit de données net cumulatif (somme des débits amont et aval) pouvant atteindre environ 10 Gbit/s sur des fils métalliques, y compris des câbles à paires torsadées et des câbles coaxiaux. Les modalités d'adaptation à ces deux supports sont indiquées respectivement dans les Annexes P et Q. Dans la présente édition de cette Recommandation, un seul émetteur-récepteur MGfast homologué côté distant/terminaison de réseau (MTU-R/NT) est connecté à l'émetteur-récepteur MGfast côté unité de réseau optique (MTU-O); la connexion de plusieurs MTU-R/NT à un seul MTU-O ne relève pas du champ d'application de la présente édition. L'utilisation du spectre pour l'accès MGfast est conforme aux types de densité spectrale de puissance (PSD) à 424 MHz et 848 MHz, mais la spécification contenue de la présente édition ne concerne que le type de densité PSD à 424 MHz.

La présente Recommandation définit:

- les exigences relatives au gabarit limite de densité PSD;
- un ensemble d'outils servant à réduire le gabarit de densité PSD à l'émission;
- une méthode et des exigences concernant l'impédance de terminaison permettant de vérifier la densité PSD à l'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.

La conformité des équipements à la présente Recommandation UIT-T pourra ne pas garantir la conformité à la réglementation nationale ou régionale applicable à la compatibilité électromagnétique lorsque les installations seront mises en service.

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 (2019), *Émetteurs-récepteurs de ligne d'abonné numérique à très haut débit 2 (VDSL2)*.

[UIT-T G.997.2] Recommandation UIT-T G.997.2 (2019), *Gestion de la couche physique pour les émetteurs-récepteurs G.fast*.

3 Définitions

3.1 Termes définis ailleurs

Aucun.

3.2 Termes définis dans la présente Recommandation

La présente Recommandation définit les termes suivants:

3.2.1 plafond(x): Plus petit nombre entier supérieur ou égal à x .

3.2.2 plancher(x): Plus grand nombre entier inférieur ou égal à x .

3.2.3 f_{sc} : Paramètre représentant l'espacement des fréquences des sous-porteuses.

3.2.4 sous-porteuse: Elément fondamental d'un modulateur à tonalités multiples discrètes (DMT). 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>)
EMC	compatibilité électromagnétique (<i>electromagnetic compatibility</i>)
ESD	densité spectrale d'énergie (<i>energy spectral density</i>)
FDS	sous-trame en aval compatible avec le mode duplex intégral (<i>full duplex compatible downstream sub-frame</i>)
FDX	duplex intégral (<i>full duplex</i>)
FM	modulation de fréquence (<i>frequency modulation</i>)
FUS	sous-trame en amont compatible avec le mode duplex intégral (<i>full duplex compatible upstream sub-frame</i>)
IAR	radioamateur international (<i>international amateur radio</i>)
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>)
MGfast	accès rapide d'une capacité de plusieurs gigabits aux terminaux d'abonné (<i>multi-gigabit fast access to subscriber terminals</i>)
MIB	base d'informations de gestion (<i>management information base</i>)
MTU	émetteur-récepteur MGfast (<i>MGfast transceiver unit</i>)
MTU-O	émetteur-récepteur MGfast côté unité de réseau optique (<i>MTU at the optical network unit</i>)
MTU-R	émetteur-récepteur MGfast côté distant (<i>MTU at the remote site</i>) (<i>c'est-à-dire à l'extrémité abonné de la boucle</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>)

RFI	brouillage radioélectrique (<i>radio frequency interference</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>)
VHF	ondes métriques (<i>very high frequency</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 MGfast (MTU) côté unité de réseau optique (MTU-O) peut être différent de celui appliqué au MTU côté distant (c'est-à-dire à l'extrémité abonné de la boucle) (MTU-R).

Pour un MTU, 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 le gabarit TxPSDM au moyen des mécanismes suivants:

- 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 mécanismes est obligatoire à la fois dans le MTU-O et dans le MTU-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 MGfast. À titre d'exemple, citons différents canaux pour la radionavigation aéronautique en ondes métriques dans la bande 108-117,975 MHz, les canaux pour les systèmes de gestion des réseaux intelligents pour les services collectifs dans la bande 450-470 MHz, et les canaux pour les communications aéronautiques d'urgence (par exemple la fréquence 121,5 MHz ou 406 MHz) et les canaux pour les communications maritimes d'urgence dans les bandes des ondes décamétriques et des ondes métriques.

NOTE 2 – 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 d'informations de gestion (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.

NOTE 3 – Pour un fonctionnement point à multipoint, plusieurs MTU-R sont connectés à un MTU-O. Dans le cadre de ce mode de fonctionnement, le MTU-O contrôle les niveaux de transmission des signaux en amont de chaque MTU-R afin d'assurer la conformité au gabarit TxPSDM pendant la transmission en amont.

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.997.2. 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.997.2.

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 MTU 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 MTU 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. Les bandes radioamateur internationales (IAR) à couper sont désignées par le terme "bandes IAR", tandis que les autres bandes à couper sont désignées par le terme "bandes RFI" (brouillages radioélectriques).

Pour les bandes RFI, dans le gabarit de coupure (NM), chaque coupure est définie au moyen d'indices de sous-porteuse $SC_{début}$ et SC_{fin} .

L'intervalle valable pour l'indice de tonalité de début de coupure, $SC_{début}$, 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 $f_{sc}/2$.

Un MTU doit prendre en charge la coupure de 32 bandes RFI simultanément.

En outre, un MTU doit prendre en charge la coupure de 15 bandes IAR. Les fréquences de ces bandes IAR sont précisées dans l'Appendice I. Les MTU devraient pouvoir être configurés de manière telle qu'ils puissent couper les bandes radioamateur nécessaires en fonction de la protection recherchée.

Dans une 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.

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 pour la fréquence en question:

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

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 II précise les fréquences des services de radiodiffusion (modulation de fréquence (FM), radiodiffusion audionumérique (DAB), communication aéronautique et radionavigation).

Les configurations de coupure qui seront peut-être 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 $MBW=10 \text{ kHz}$ 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 $(0,5 \text{ MHz} + \frac{1}{2} \times \text{MBW}) < f < (f_{tr3} - \frac{1}{2} \times \text{MBW})$, 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.

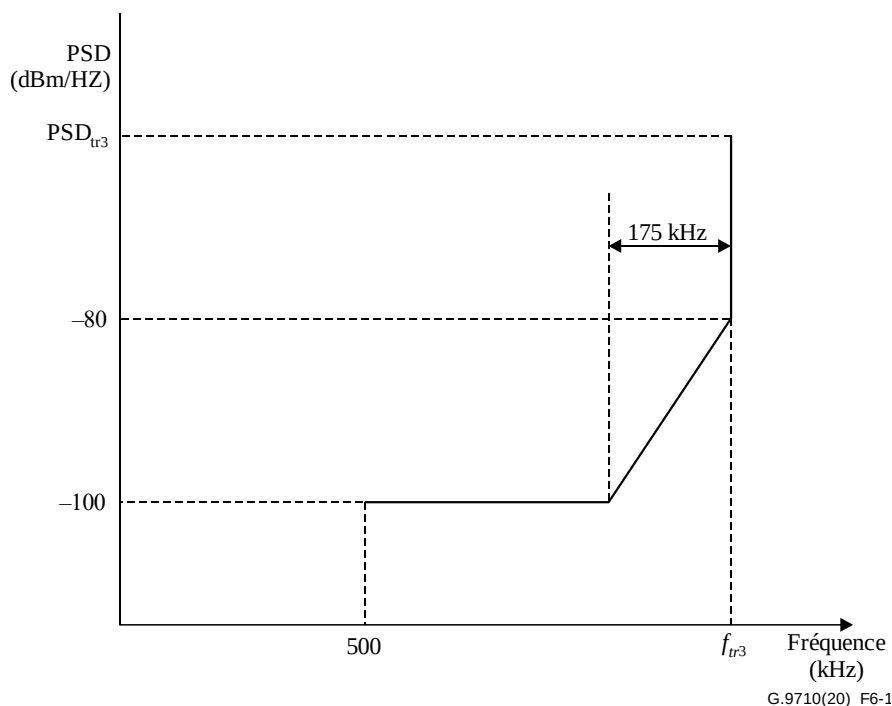


Figure 6-1 – Gabarit de bande d'arrêt basse fréquence

- 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 ($\text{PSD}_W(f)$) comme défini au § 6.5.
Le gabarit $\text{TXPSDM}_W(f)$ est défini dans le Tableau 6-2 en fonction de la fréquence.
La densité PSD en émission moyenne sur une bande élargie ($\text{PSD}_W(f)$) doit satisfaire le gabarit de densité PSD en émission à bande élargie TxPSDM_W pour les fréquences $(2,0 \text{ MHz} + \frac{1}{2} \times \text{MBW} + 0,5 \text{ MHz}) < f < (f_{tr3} - 175 \text{ kHz} - \frac{1}{2} \times \text{MBW} - 0,5 \text{ MHz})$. 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 Type de densité PSD

Pour chaque type de densité PSD, des valeurs normatives sont spécifiées pour le paramètre suivant:

- le gabarit limite de densité PSD (LPM).

Le Tableau 7-1 indique les paramètres valables pour chaque type de densité PSD.

Tableau 7-1 – Paramètres des types de densité PSD

Paramètre	Type de densité PSD (Note)	
	424 MHz	848 MHz
LPM	Voir le § 7.2.1	Appelle un complément d'étude
NOTE – De futurs types de densité PSD pourront être définis sous réserve que le gabarit limite de densité PSD spécifié dans la présente Recommandation soit respecté.		

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. Le gabarit LPM dans la bande pour le type de densité PSD à 424 MHz est présenté 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

Le gabarit LPM dans la bande pour le type de densité PSD à 424 MHz est illustré sur la Figure 7-1. Les paramètres de ce gabarit LPM sont présentés dans le Tableau 7-2.

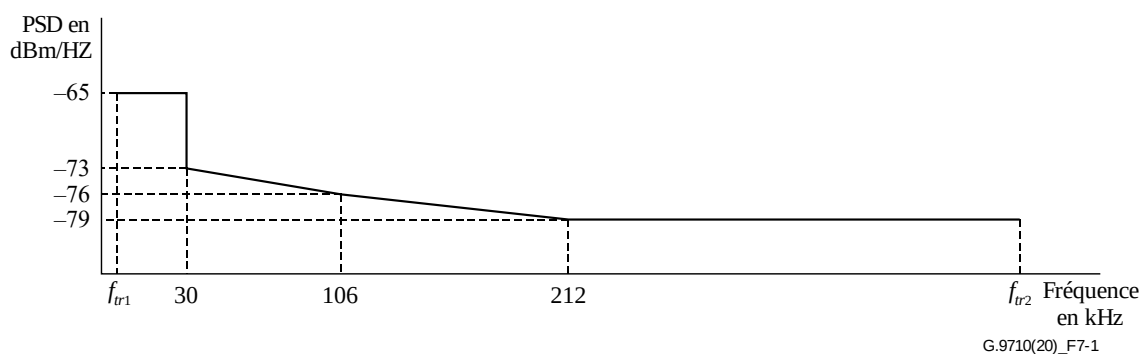


Figure 7-1 – Gabarit limite de densité PSD dans la bande pour le type de densité PSD à 424 MHz

Tableau 7-2 – Paramètres du gabarit LPM dans la bande pour le type de densité PSD à 424 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	
	212	-79	
f_{tr2}	424	-79	

NOTE – 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 7-2 pour le côté basse fréquence, et sur la Figure 7-3 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 7-3 et 7-4.

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.

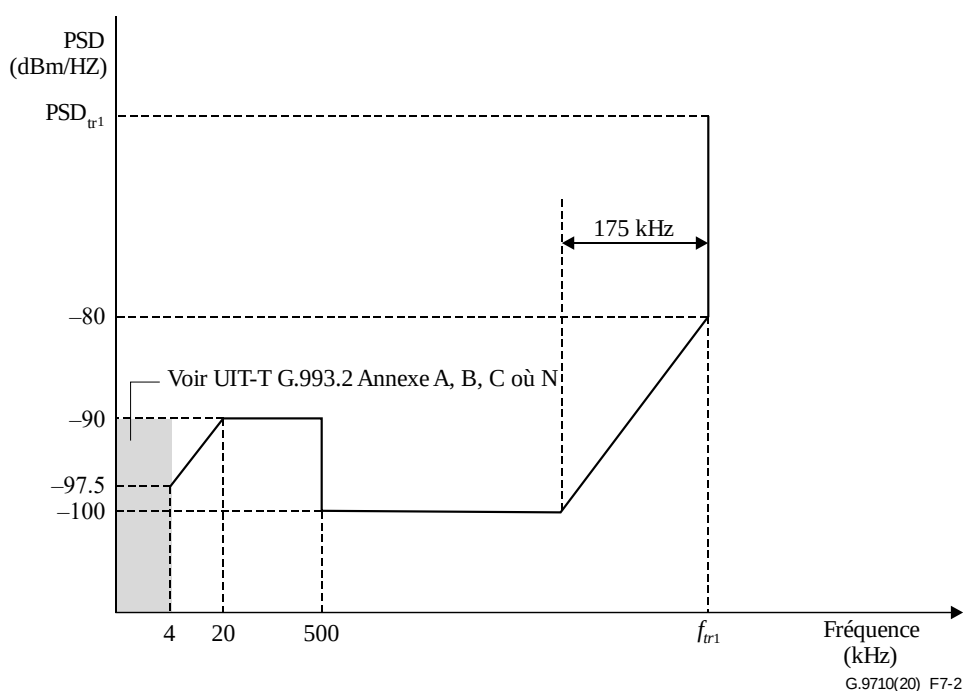


Figure 7-2 – Gabarit LPM hors bande côté basse fréquence

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

l'Europe, du Japon et de la Chine.

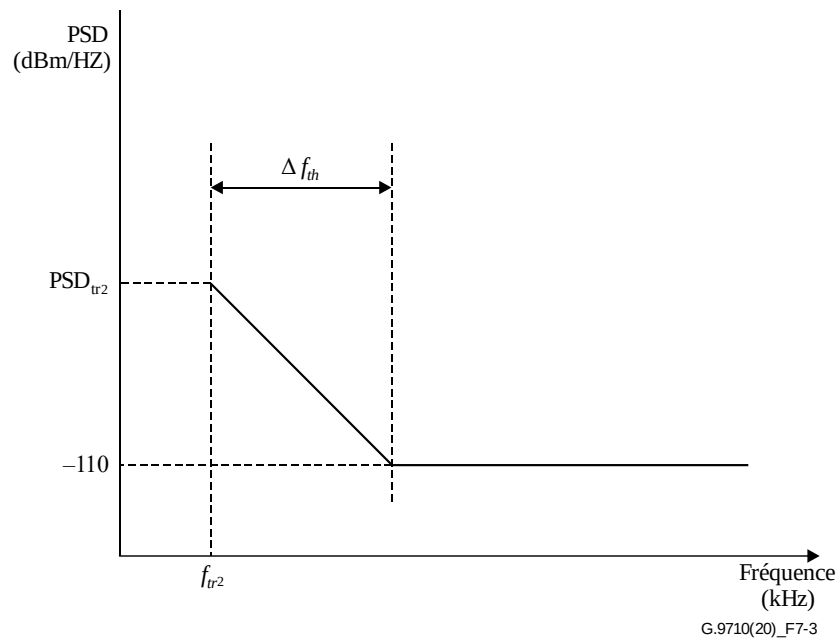


Figure 7-3 – Gabarit LPM hors bande côté haute fréquence

Tableau 7-3 – Paramètres du gabarit LPM hors bande côté basse fréquence

f_{tr1} (MHz)	Densité PSD _{tr1} (dBm/Hz)	Description
2	−65	La limite de densité PSD à la fréquence de transition f_{tr1} passe de PSD_{tr1} à −80 dBm/Hz. La limite de densité PSD dans la bande de transition est obtenue par interpolation linéaire en dB sur une échelle de fréquence linéaire. La limite de densité PSD entre 4 et 20 kHz est obtenue par interpolation linéaire en dB sur une échelle log(f). 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).

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

f_{tr2} (MHz)	Densité PSD _{tr2} (dBm/Hz)	Bande de transition, Δf_{th} (MHz)	Description
424	−79	80	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_{tr2} ne doivent pas être utilisées pour la transmission (ni de données ni d'informations auxiliaires quelles qu'elles soient).

7.2.2 Sous-porteuses masquées en permanence

Pour le type de densité PSD à 424 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).

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 utilisant le mode duplex à répartition dans le temps (TDD), l'émission dans un sens donné n'est pas continue; elle a lieu uniquement pendant certaines périodes. Dans les systèmes utilisant le mode duplex intégral (FDX), dans un sens d'émission donné, la densité PSD à l'émission dans la sous-trame en aval compatible avec le mode duplex intégral (FDS) peut être différente de celle dans la sous-trame en amont compatible avec le mode duplex intégral (FUS). 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 aux § P.1 et Q.1.

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
$20 \text{ kHz} < f < f_{tr1}$	10 kHz
$(f_{tr1} + \frac{1}{2} \times \text{MBW}) < f < (30 \text{ MHz} - \frac{1}{2} \times \text{MBW})$	1 MHz
$(30 \text{ MHz} + \frac{1}{2} \times \text{MBW}) < f < (f_{tr2} - \frac{1}{2} \times \text{MBW})$	1 MHz
$f_{tr2} < f < 300 \text{ MHz}$	100 kHz
N'importe quelle bande de fréquences coupée	10 kHz

Annexe A à Annexe O

Les Annexes A à O ont été intentionnellement laissées en blanc.

Annexe P

Adaptation au support à paires torsadées

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

P.1 Impédance de terminaison

Pour un émetteur-récepteur fonctionnant sur des câbles à paires torsadées, une impédance de terminaison de $R_V = 100 \text{ Ohm}$, purement résistive, à l'interface U, doit être utilisée pour le MTU-O et le MTU-R, en particulier pour la définition et la vérification de la densité PSD à l'émission et de la puissance d'émission cumulée.

Annexe Q

Adaptation au support à câbles coaxiaux

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

Q.1 Impédance de terminaison

Pour un émetteur-récepteur fonctionnant avec des câbles coaxiaux, une impédance de terminaison de $R_V = 75 \text{ Ohm}$, purement résistive, à l'interface U, doit être utilisée pour le MTU-O et le MTU-R, en particulier pour la définition et la vérification de la densité PSD en émission et de la puissance d'émission cumulée.

Q.2 Vérification de la densité PSD à l'émission

Dans les systèmes fonctionnant sur des câbles coaxiaux utilisant le mode FDX, dans un sens d'émission donné, la densité PSD à l'émission est la même dans le cas des sous-frames FDS et FUS. Il faut en tenir compte dans la procédure de mesure appliquée.

Appendice I

Bandes radioamateur internationales

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

Le Tableau I.1 répertorie les bandes radioamateur internationales dans la gamme de fréquences 1,8 MHz-900 MHz.

**Tableau I.1 – Bandes radioamateur internationales
dans la gamme de fréquences 1,8 MHz-900 MHz**

Début de bande (kHz)	Fin de bande (kHz)
1 800	2 000
3 500	4 000
5 351,5	5 366,5
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
69 900	70 500
144 000	148 000
219 000	225 000
420 000	450 000

Appendice II

Autres services de communication aéronautique, de radionavigation et de radiodiffusion

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

Le Tableau II.1 répertorie les autres services de communication aéronautique, de radionavigation et de radiodiffusion dans la gamme de fréquences 1,8 MHz-900 MHz

Tableau II.1 – Autres services de communication aéronautique, de radionavigation et de radiodiffusion dans la gamme de fréquences 1,8 MHz-900 MHz

Service	Début de bande (kHz)	Fin de bande (kHz)
FM	87 500	108 000
Télévision numérique de Terre (Région 2)	174 000	216 000
Télévision numérique de Terre/radiodiffusion audionumérique (Régions 1 et 3)	174 000	230 000
Systèmes de gestion des réseaux intelligents pour les services collectifs	450 000	470 000
RLS COSPAS-SARSAT	460 000	460 100

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. Il existe deux périodes d'émission, à savoir les sous-trames FDS et FUS dans la trame en mode PDX. La mesure de la densité TXPSD s'effectue séparément pour la période d'émission de la sous-trame FDS et celle de la sous-trame FUS. Les positions de symboles de silence durant la période d'émission sont exclues. La technique de mesure particulière sort du cadre du présent Appendice.

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 .

$$ESD(V_s, f) = \frac{1}{R_0} \left| \int_{-\infty}^{\infty} V_s(t) \cdot e^{-i2\pi f t} dt \right|^2 \text{ (en unité de Joule/Hz)}$$
$$R_0 = 100 \Omega$$

La densité TXSPSD est obtenue à partir de la densité spectrale d'énergie prévue pour une série de symboles émis pendant une période d'émission (FDS ou FUS)

$$TXSPSD(f) = f_{DMT} \cdot E[ESD(V(t), f); V \in S] \text{ (en unité de W/Hz)}$$
$$S = \{S_0, S_1, \dots, S_N\}$$

$S_0, S_1, \dots, S_N$ est une séquence valable de symboles émis pendant une période d'émission (FDS ou FUS)

$E[x]$ 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:

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

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 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	Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques
Série H	Systèmes audiovisuels et multimédias
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Réseaux câblés et transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	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 réseaux
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 réseaux 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 réseau téléphonique
Série X	Réseaux de données, communication entre systèmes ouverts et sécurité
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information, protocole Internet, réseaux de prochaine génération, Internet des objets et villes intelligentes
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication