



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.989.1

(02/2001)

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

Sections numériques et systèmes de lignes numériques –
Systèmes de transmission par ligne optique pour les
réseaux locaux et les réseaux d'accès

**Emetteurs-récepteurs de réseautage sur lignes
téléphoniques – Principes fondamentaux**

Recommandation UIT-T G.989.1

(Antérieurement Recommandation du CCITT)

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 EQUIPEMENTS DE TEST	G.450–G.499 G.500–G.599
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	G.600–G.699 G.700–G.799
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.800–G.899
SECTIONS NUMÉRIQUES ET SYSTÈMES DE LIGNES NUMÉRIQUES	G.900–G.999
Généralités	G.900–G.909
Paramètres pour les systèmes à câbles optiques	G.910–G.919
Sections numériques à débits hiérarchisés multiples de 2048 kbit/s	G.920–G.929
Systèmes numériques de transmission par ligne à débits non hiérarchisés	G.930–G.939
Systèmes de transmission numérique par ligne à supports MRF	G.940–G.949
Systèmes numériques de transmission par ligne	G.950–G.959
Section numérique et systèmes de transmission numériques pour l'accès usager du RNIS	G.960–G.969
Systèmes sous-marins à câbles optiques	G.970–G.979
Systèmes de transmission par ligne optique pour les réseaux locaux et les réseaux d'accès	G.980–G.989
Réseaux d'accès	G.990–G.999

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

Recommandation UIT-T G.989.1

Emetteurs-récepteurs de réseautage sur lignes téléphoniques – Principes fondamentaux

Résumé

La présente Recommandation spécifie les caractéristiques de base des dispositifs conçus pour la transmission de données de réseautage sur lignes téléphoniques dans les bâtiments. Ces dispositifs sont conçus de manière à être compatibles avec les dispositifs téléphoniques existants de réseautage sur lignes téléphoniques dans les bâtiments. En outre, la présente Recommandation spécifie le filtrage du spectre en vue d'assurer la compatibilité avec les services d'amateurs.

La présente Recommandation définit:

- le modèle de référence du système pour ces dispositifs;
- le gabarit de la densité spectrale de puissance;
- le format de trame du signal de ligne;
- le protocole d'accès au support;
- les caractéristiques électriques de base.

Source

La Recommandation G.989.1 de l'UIT-T, élaborée par la Commission d'études 15 (2001-2004) de l'UIT-T, a été approuvée le 9 février 2001 selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

AVANT-PROPOS

L'UIT (Union internationale des télécommunications) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications. L'UIT-T (Secteur de la normalisation des télécommunications) 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.

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 responsables de la mise en œuvre de consulter la base de données des brevets du TSB.

© UIT 2001

Droits de reproduction réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'UIT.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
1	Domaine d'application 1
2	Définitions 1
3	Abréviations..... 2
4	Modèle de référence de système pour émetteurs-récepteurs de réseau de lignes téléphoniques 3
5	Densité spectrale de puissance..... 5
5.1	Hypothèses relatives au rapport valeur de crête/valeur moyenne..... 7
6	Caractéristiques électriques 7
6.1	Tension longitudinale 7
6.2	Equilibre longitudinal 7
7	Mise en trame..... 8
7.1	Préambule 9
7.2	Type de trame (FT)..... 10
7.3	Délimiteur fin de trame (EOF)..... 10
7.4	Taille maximale de trame 10
7.5	Intervalle intertrame..... 10
8	Protocole d'accès au support..... 10
8.1	Accès prioritaire..... 11
8.2	Mappage de priorité 12
8.3	Détection de collision 12
8.4	Résolution des collisions 12
	8.4.1 Sélection du niveau d'attente par la signalisation 13
	Appendice I – Bibliographie 14

Recommandation UIT-T G.989.1

Emetteurs-récepteurs de réseautage sur lignes téléphoniques – Principes fondamentaux

1 Domaine d'application

La présente Recommandation spécifie les caractéristiques de base des dispositifs conçus pour la transmission de données de réseautage sur lignes téléphoniques dans les bâtiments.

Elle définit:

- le modèle de référence d'un système applicable aux émetteurs-récepteurs de réseautage sur lignes téléphoniques dans les bâtiments;
- le gabarit de densité spectrale de puissance (PSD, *power spectral density*);
- le format de trame du signal de ligne;
- le protocole d'accès au support;
- les caractéristiques électriques de base.

Ces dispositifs sont conçus de manière à être compatibles avec les autres dispositifs utilisant en partage les réseaux de lignes téléphoniques dans les bâtiments, par exemple:

- les services téléphoniques du RTPC;
- les services de transmission de données en bande vocale (V.90, etc.);
- les services à débit de base du RNIS;
- les services ADSL (G.992.x, etc.).

En outre, la présente Recommandation assure le filtrage du spectre en vue d'assurer la compatibilité avec les services d'amateurs.

Ces dispositifs peuvent être utilisés pour la diffusion de données dans les bâtiments provenant de réseaux d'accès de zone étendue tels:

- les services de transmission de données en bande vocale (V.90, etc.);
- RNIS;
- services xDSL (par exemple ADLS, SHDSL, VDSL, câblo-modems J.112).

L'utilisation de filtres d'isolation entre les réseaux dans les bâtiments et les réseaux d'accès de zone étendue est traitée au paragraphe 4.

2 Définitions

La présente Recommandation définit les termes suivants:

2.1 niveau d'attente: paramètre représenté par une valeur entière comprise entre 0 et 15 inclus et utilisé pour la résolution des collisions afin de déterminer les stations "en collision" qui émettront.

2.2 signal d'attente: séquence de symboles que les émetteurs actifs peuvent émettre pendant trois intervalles de signaux qui suivent une collision.

2.3 fonction d'isolation: dispositif assurant l'isolation spectrale entre le câblage dans les locaux et le réseau d'accès (filtre, passerelle, etc.).

2.4 station: émetteur-récepteur G.989.1.

2.5 TX PRI: valeur de priorité d'une trame prête pour la transmission en une station déterminée par la couche Liaison.

3 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

ADSL	ligne d'abonné numérique asymétrique (<i>asymmetrical digital subscriber line</i>)
AP	point d'accès (<i>access point</i>)
BL	niveau de recul (<i>backoff level</i>)
CP	locaux client (<i>customer premises</i>)
CR	résolution de collision (<i>collision resolution</i>)
CS	détection de porteuse (<i>carrier sense</i>)
CSMA/CD	accès multiple à détection de porteuse/détection de collision (<i>carrier sense multiple access/collision detection</i>)
DF	trame de données (<i>data frame</i>)
DSL	ligne d'abonné numérique (<i>digital subscriber line</i>)
EOF	délimiteur de fin de trame (<i>end-of-frame delimiter</i>)
FT	type de trame (<i>frame type</i>)
IF	fonction d'isolation (<i>isolation fonction</i>)
IFG	intervalle intertrame (<i>inter-frame gap</i>)
MAC	commande d'accès au support (<i>media access control</i>)
MAP	protocole d'accès au support (<i>media access protocol</i>)
MBL	niveau d'attente maximal (<i>maximum backoff level</i>)
NI	interface réseau (<i>network interface</i>)
NID	dispositif d'interface réseau (<i>network interface device</i>)
OSI	interconnexion des systèmes ouverts (<i>open systems interconnection</i>) (UIT-T X.200 (1994) ISO/CEI 7498-1:1994)
PHY	couche Physique (<i>physical layer</i>)
PNT	émetteur-récepteur de réseau des lignes téléphoniques (<i>phoneline networking transceiver</i>)
PRI	valeur de priorité (<i>priority value</i>)
PSD	densité spectrale de puissance (<i>power spectral density</i>)
QS	qualité de service
RFI	brouillage radiofréquence (<i>radio frequency interference</i>)
RNIS	réseau numérique à intégration des services
RTPC	réseau téléphonique public commuté
SHDSL	ligne d'abonné numérique à haute vitesse monopaire (<i>single pair high speed digital subscriber line</i>)
TX	émetteur (<i>transmitter</i>)
VDSL	ligne d'abonné numérique à très haut débit (<i>very high speed digital subscriber line</i>)
xDSL	terme général désignant un type quelconque de technologie DSL

4 Modèle de référence de système pour émetteurs-récepteurs de réseau de lignes téléphoniques

Le modèle de référence pour émetteurs-récepteurs de réseau de lignes téléphoniques dans les bâtiments (PNT, *phoneline networking transceiver*) est représenté à la Figure 1. Il comporte une couche Physique (PHY, *physical layer*) et une fonctionnalité de commande d'accès au support (MAC, *media access control*) entre l'interface de ligne téléphonique et l'interface hôte. L'interface primaire est l'interface électrique logique côté fils (W1) entre une station PNT et le fil téléphonique. En général, le réseau câblé des bâtiments est relié au réseau d'accès. Une fonction d'isolement (IF, *isolation function*) facultative sépare le réseau câblé des bâtiments du réseau d'accès.

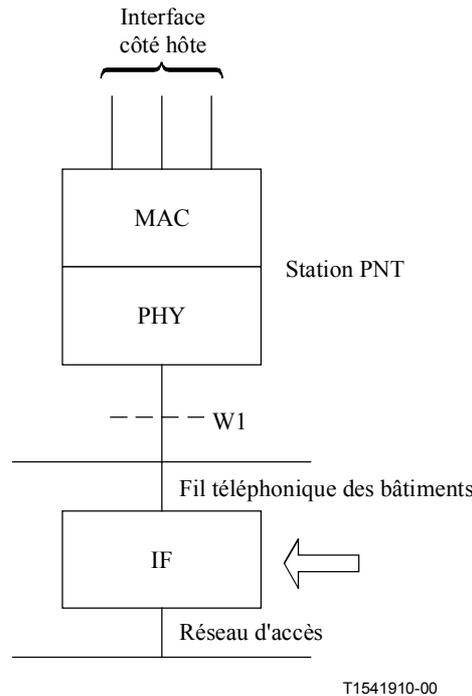


Figure 1/G.989.1 – Modèle de référence de base

Une vue orientée fonctions du modèle de référence est présentée à la Figure 2:

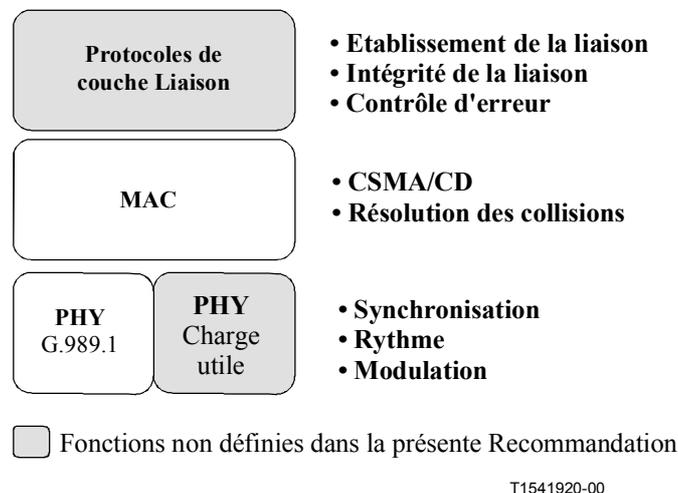


Figure 2/G.989.1 – Vue fonctionnelle du modèle de référence

Un système PNT implémente un réseau monotronçon à support partagé. Toutes les stations d'un même tronçon sont logiquement reliées au même canal partagé de la ligne téléphonique.

Plusieurs tronçons de réseau et d'autres liaisons de réseau peuvent être connectés via la couche 2 de l'OSI réseau (L2 ou liaison de données) ou la couche 3 de l'OSI (L3 ou réseau) (voir UIT-T X.200 (1994) | ISO/CEI 7498-1:1994).

Dans la Figure 3, un routeur/passerelle de couche 3 est représenté; il interconnecte une liaison de réseau régional au réseau dans les bâtiments. Une telle liaison régionale peut être assurée via une ligne d'abonné (modem en bande vocale par exemple V.90, RNIS à débit de base, ADSL, câblo-modem, VDSM) ou une liaison hertzienne. Est également représenté une passerelle L2 qui interconnecte le premier segment de réseau dans les bâtiments avec les autres segments de réseau: PNT.

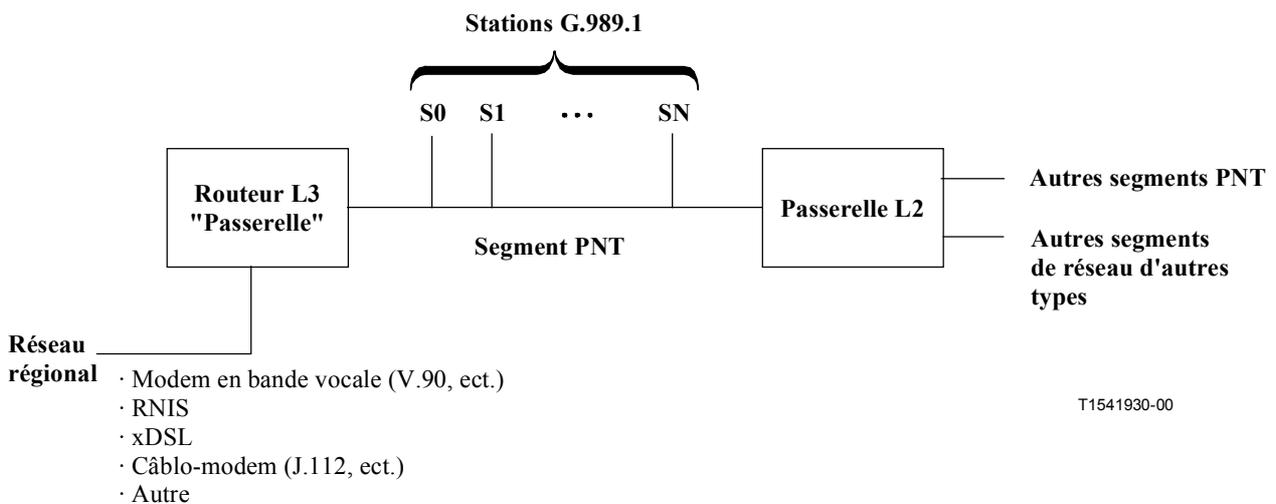


Figure 3/G.989.1 – Interfonctionnement de réseau régional

Les émetteurs-récepteurs de réseautage sur lignes téléphoniques sont destinés à fonctionner sur le réseau câblé existant dans les bâtiments. Les topologies prises en charge sont des combinaisons arbitraires de câblage en étoile, en arbre et multipoint comme illustré à la Figure 4. Dans une topologie donnée, chaque segment de câblage peut avoir un ou plusieurs points d'accès (AP, *access point*), et un câblage d'extension de longueur variable vers un dispositif de téléphonie traditionnelle ou un récepteur de réseautage sur lignes téléphoniques.

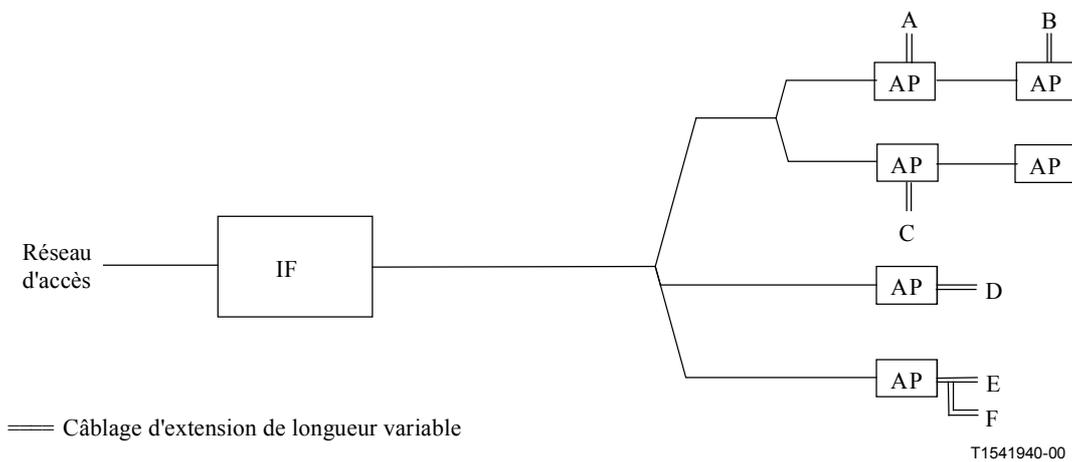


Figure 4/G.989.1 – Exemples de topologie de réseau

A la Figure 4, les stations A et B se trouvent sur un tronçon de câblage, la station B étant placée en tandem par rapport à la station A; la station C est un deuxième tronçon de câblage non chargé; la station D se trouve à la fin d'un tronçon de câblage direct provenant du réseau d'accès; les stations E et F utilisent un même point d'accès (AP) grâce à un adaptateur à double prise. De nombreuses autres topologies sont également envisageables. D'autres dispositifs pour lignes téléphoniques peuvent être intégrés aux stations G.989.1 et connectés aux mêmes points d'accès. Il peut s'agir de postes téléphoniques analogiques, dotés éventuellement de filtres passe-bas optionnels placés en série avec chaque poste téléphonique. Ces dispositifs n'entrent pas dans le cadre de la présente Recommandation.

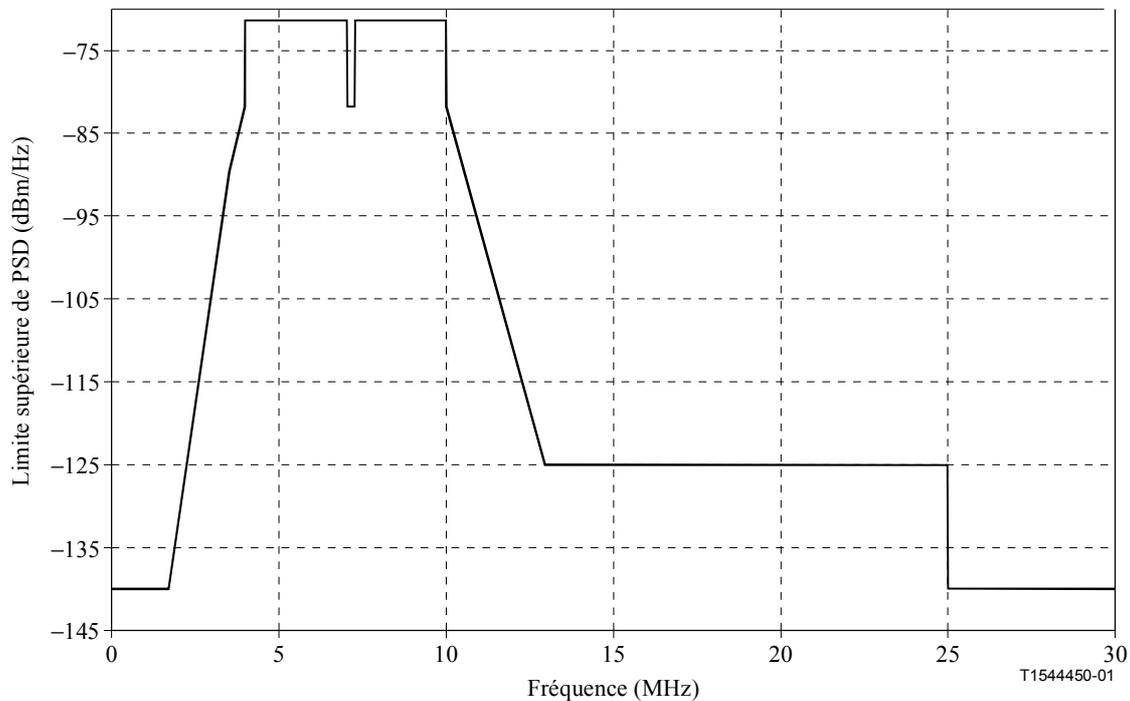
Une fonction d'isolation (IF) doit être implémentée lorsqu'il est nécessaire d'empêcher le brouillage entre les dispositifs PNT fonctionnant sur le câblage dans les locaux et les technologies d'accès au réseau qui utilisent un spectre de fréquence avec chevauchement comme la VDSL.

Une fonction d'isolement (IF) peut offrir:

- une isolation spectrale avec les technologies d'accès des réseaux régionaux;
- une impédance de terminaison connue;
- une protection supplémentaire contre la foudre et les surtensions.

5 Densité spectrale de puissance

Le gabarit de densité spectrale de puissance à l'émission est donné à la Figure 5. Un émetteur-récepteur G.989.1 doit respecter la limite supérieure (voir Figure 5), les mesures étant réalisées sur une charge de 100 Ω à travers l'interface à deux fils W1 au niveau de l'émetteur.



Fréquence (MHz)	Limite de PSD (dBm/Hz)
$0,015 < f \leq 1,7$	-140
$1,7 < f \leq 3,5$	$-140 + (f - 1,7) * 50,0 / 1,8$
$3,5 < f \leq 4,0$	$-90 + (f - 3,5) * 17,0$
$4,0 < f < 7,0$	-71,5
$7,0 \leq f \leq 7,3$	-81,5
$7,3 < f < 10,0$	-71,5
$10,0 \leq f < 13,0$	$-81,5 - (f - 10,0) * 43,5 / 3,0$
$13,0 \leq f < 25,0$	-125
$25,0 \leq f < 30,0$	-140

Figure 5/G.989.1 – Gabarit de PSD

On suppose que la longueur des trames est minimale et que les intervalles intertrames sont minimaux. Comme on suppose que la plupart des données de trames sont randomisées par un embrouilleur de données, ces hypothèses permettent aux transmissions par rafales d'être traitées comme un simple flux de données continu pour la définition du gabarit de densité spectrale de puissance.

Les filtres à coupure brusque de 10 dB à 4,0, 7,0 et 10,0 MHz permettent de réduire les brouillages radiofréquences dans les bandes attribuées au service d'amateur.

La largeur de bande de résolution utilisée pour cette mesure doit être de 10 kHz pour les fréquences comprises entre 2,0 et 30,0 MHz et de 3 kHz pour les fréquences comprises entre 0,015 et 2,0 MHz. On doit utiliser une fenêtre de moyennage de 213 secondes et supposer que les trames ont une longueur de 1 500 octets et sont séparées par un intervalle IFG de silence. Un total de 50 kHz constitué de bandes éventuellement non contiguës peut franchir la limite sous 2,0 MHz, aucune sous-bande supérieure à 20 dB ne se trouvant au-dessus de la limite précitée. Un total de 100 kHz de bandes éventuellement non contiguës peut franchir la limite entre 13,0 et 30,0 MHz, aucune sous-bande supérieure à 20 dB ne se trouvant au-dessus de la limite.

5.1 Hypothèses relatives au rapport valeur de crête/valeur moyenne

Afin de respecter les réglementations nationales en matière de rayonnement par conduction, la puissance moyenne émise pendant une fenêtre étroite doit être limitée. En outre, afin d'éviter des brouillages audibles dans les postes téléphoniques, il faut respecter certaines limites de la puissance crête transmise. Par conséquent, un échelonnage à constellation viable est celui qui fixe les points extérieurs à des amplitudes approximativement les mêmes et permet à la puissance moyenne de diminuer avec la taille de la constellation.

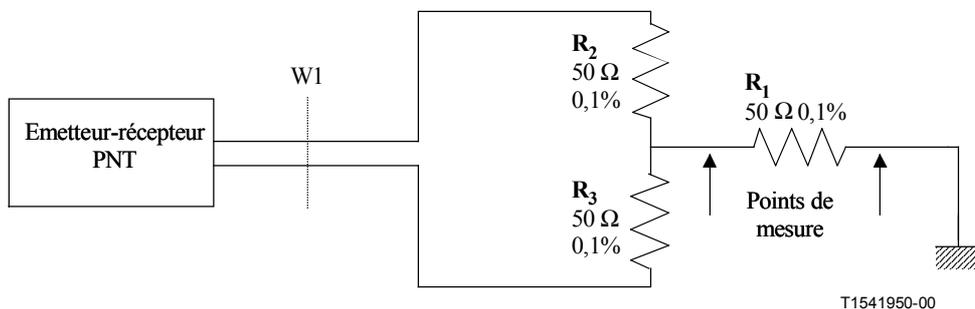
Les hypothèses suivantes sont:

- le rapport valeur de crête/valeur moyenne à l'interface filaire d'un dispositif d'émission est inférieur à 9,5 dB pour le choix d'une constellation qui conduit à la puissance émise moyenne la plus élevée;
- le rapport de la valeur maximale de la puissance moyenne à court terme pendant une fenêtre glissante de 2- μ sec/puissance moyenne, tel que défini au paragraphe 5 ci-dessus, est inférieur à 2,7 dB pour le même choix de constellation.

6 Caractéristiques électriques

6.1 Tension longitudinale

L'émetteur doit limiter la tension longitudinale émise depuis l'interface W1 de manière à ce que le niveau mesuré aux bornes d'une résistance R_1 dans la Figure 6 ne dépasse pas -55 dBVrms dans la bande 0,1 à 30 MHz.



NOTE – Pour la valeur spécifiée inférieure à -55 dBVrms, on suppose que l'on peut mesurer aux bornes de la résistance R_1 les 2/3 de la tension longitudinale réelle. Par conséquent, lorsqu'on mesure ce paramètre, afin d'obtenir des résultats significatifs, les valeurs des résistances R_1 , R_2 et R_3 telles que décrites dans cette figure doivent être bien adaptées et les valeurs des résistances doivent respecter à 0,1% près les valeurs spécifiées ici.

Figure 6/G.989.1 – Méthode de mesure de la tension de sortie longitudinale

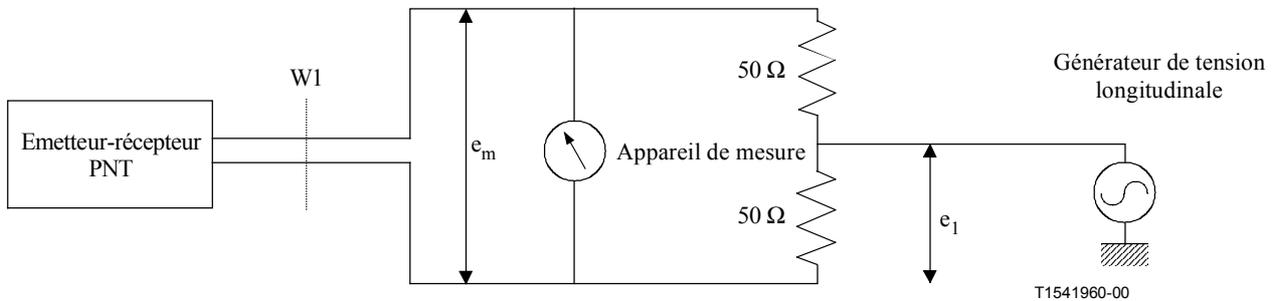
6.2 Equilibre longitudinal

L'équilibre longitudinal à l'interface W1 doit être supérieur à 35 dB entre 0,1 et 30 MHz. La mesure de l'équilibre longitudinal doit être effectuée en supposant un émetteur PNT n'émettant pas comme indiqué à la Figure 7. L'équilibre longitudinal est donné par l'équation:

$$L_{Bal} = 20 \log \left| \frac{e_l}{e_m} \right| \text{dB} \quad (1)$$

dans laquelle:

- e_l tension longitudinale appliquée (par référence à la terre de l'immeuble ou du fil vert de l'émetteur-récepteur PNT);
- e_m tension métallique résultante apparaissant aux bornes d'une résistance de terminaison.



NOTE – Lorsqu'on mesure ce paramètre, afin d'obtenir des résultats significatifs, les valeurs des résistances doivent respecter les valeurs spécifiées ici à 0,1% près.

Le générateur de signal longitudinal est une source de tension nécessaire délivrant une onde sinusoïdale de fréquence variable.

Figure 7/G.989.1 – Méthode de mesure de l'équilibre longitudinal

NOTE – Les conditions de symétrie doivent être satisfaites en présence de conditions de polarisation cc pour lesquelles le dispositif G.989.1 est conçu pour fonctionner.

7 Mise en trame

Le format de trame G.989.1 est présenté à la Figure 8. Il comporte un préambule et un champ type de trame (FT), l'en-tête PNT, la charge utile, et un élément de queue (EOF, *end-of-frame delimiter*). Chacun de ces champs, à l'exception de l'en-tête PNT de la charge utile, est une séquence fixe pour chaque transmission. Un intervalle de silence minimal, appelé intervalle intertrame (IFG, *inter-frame gap*), suit chaque trame. Le préambule, les champs FT, EOF et IFG sont définis dans la présente Recommandation. L'en-tête PNT et la charge utile appellent un complément d'étude.

16 octets	1 octet		1 octet	
Préambule	Type de trame	En-tête PNT et charge utile	EOF	Intervalle intertrame
32,0 µs	2,0 µs		2,0 µs	

T1541970-00

Figure 8/G.989.1 – Format de trame de base

La Figure 9 montre que la génération du préambule, du champ FT et du champ EOF est logiquement distincte de la génération de l'en-tête PNT et de la charge utile. Cela permet d'utiliser différentes méthodes de mise en trame, de modulation et de synchronisation pour l'en-tête PNT et la charge utile (comme indiqué par l'information contenue dans le champ type de trame).

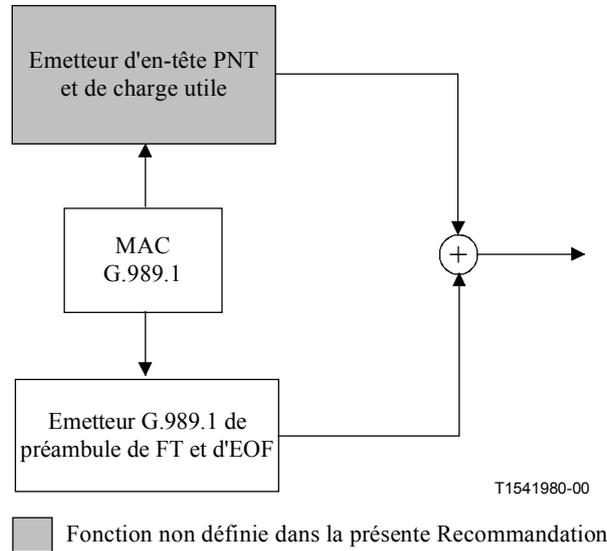


Figure 9/G.989.1 – Structure de base d'un émetteur G.989.1

7.1 Préambule

Le préambule est une séquence fixe connue de chaque récepteur de paquets qui utilise la même bande de fréquences sur le conducteur. Le préambule se compose de la séquence binaire 0xFC483084, répétée 4 fois, l'octet de plus fort poids et le bit de plus faible poids étant transmis d'abord et mappés selon la Figure 10.

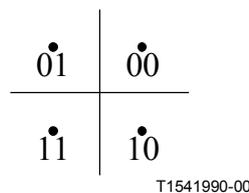


Figure 10/G.989.1 – Carte de mappage des symboles de préambule

Les valeurs des symboles sont représentées avec des bits ordonnés de telle sorte que le bit le plus à droite est le premier bit reçu en provenance du générateur de préambule.

On intercale dans la séquence résultante de longueur 64 composée de symboles à 4 points, des symboles d'amplitude zéro pour obtenir une séquence de longueur 128 qui est transmise en utilisant une modulation d'amplitude en quadrature avec un intervalle de symbole de 0,25 µs, une fréquence porteuse de 7,0 MHz. On applique un filtrage à l'émission suffisant pour respecter le gabarit de PSD défini au paragraphe 5.

7.2 Type de trame (FT)

Le champ type de trame (FT, *frame type*) est un champ à 8 bits dont la valeur est connue de l'émetteur. Il est codé par 4 symboles selon le diagramme défini au précédent paragraphe, on intercale ensuite 4 symboles d'amplitude zéro et il est ensuite modulé en amplitude en quadrature avec une fréquence porteuse de 7,0 MHz. Le récepteur décode ce champ et élimine les trames lorsque la valeur de ce champ est inconnue.

Le champ type de trame est destiné à conférer une certaine souplesse pour définir d'autres formats de trame et d'autres modulateurs dans les versions à venir de la présente Recommandation. Pour l'UIT-T G.989.1, la valeur du champ FT est définie au Tableau 1:

Tableau 1/G.989.1 – Attribution du type de trame (FT)

FT	Utilisation
0	Réservé à la base déjà installée des dispositifs PNT existants
1-127	Réservé à une utilisation par l'UIT-T
128-255	Réservé aux prototypes et aux installations non normalisées

7.3 Délimiteur fin de trame (EOF)

Le délimiteur de fin de trame (EOF) est constitué par les huit premiers symboles du préambule de longueur 128, modulé en amplitude en quadrature avec une fréquence porteuse de 7,0 MHz et une phase initiale de $2\pi\tau \times 7,0 + \phi$, où τ est le décalage par rapport au dernier symbole du champ FT en microsecondes et ϕ la phase initiale du modulateur (au début du paquet).

7.4 Taille maximale de trame

Toutes les stations G.989.1 doivent transmettre et recevoir des trames dont la durée est totale sur le réseau de lignes téléphoniques, est 3122 μ s pour FT = 0 ou 1.

7.5 Intervalle intertrame

L'intervalle intertrame minimal doit être de 29 μ s.

8 Protocole d'accès au support

Le présent paragraphe décrit le protocole d'accès au support qui permet le partage de l'accès au support entre utilisateurs du spectre au moyen d'un protocole CSMA/CD décentralisé. Chaque station d'un tronçon de réseau G.989.1 exécute le protocole d'accès au support (MAP) pour coordonner l'accès au support partagé.

La procédure d'accès au support CSMA/CD est le moyen qui permet à plusieurs stations de partager l'utilisation d'un canal de transmission commun. Pour émettre, une station attend (diffère) une période calme sur le canal (à savoir une période pendant laquelle aucune autre station n'émet) et ensuite envoie le message voulu conformément à la spécification de la couche Physique appropriée. Pour prendre en charge plusieurs qualités de service (QS), le support de transmission est géré selon huit niveaux de priorité, implémentant une priorité absolue parmi les stations demandant l'accès. Si, après avoir déclenché la transmission, le message envoyé entre en collision avec celui d'une autre station, toutes les stations émettrices arrêtent leur transmission et résolvent la collision en choisissant un niveau de recul, en laissant la priorité aux autres stations qui ont choisi un niveau de recul inférieur.

8.1 Accès prioritaire

Le système G.989.1 peut être utilisé pour acheminer plusieurs types de données, y compris des flux de médias (voix audio, vidéo, etc.). Pour réduire les variations des temps d'attente de ces flux, un mécanisme de priorité a été défini pour permettre aux couches supérieures d'étiqueter les trames sortantes avec une valeur de priorité (PRI), et garantir que ces trames bénéficieront d'un accès préférentiel au canal par rapport aux trames de priorité inférieure. Dans cette méthode de priorité, on retarde les transmissions jusqu'à un intervalle de temps après l'intervalle intertrame minimal sur la base du niveau de priorité de la trame qui attend sa transmission (voir Figure 11).

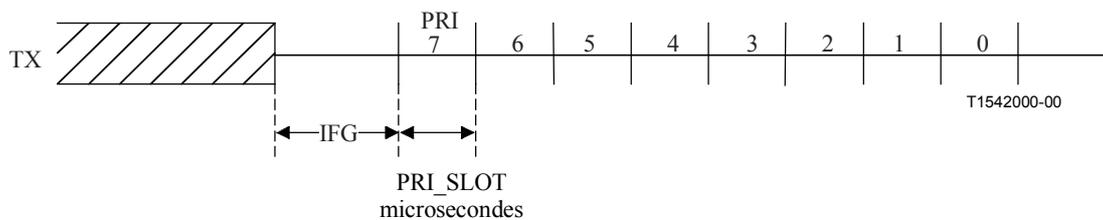


Figure 11/G.989.1 – Intervalles de priorité

Les intervalles sont numérotés par priorité décroissante, la priorité la plus élevée étant 7. Les transmissions de priorité élevée commencent dans les premiers intervalles et acquièrent le canal sans qu'il soit tenu compte du trafic de priorité inférieure. Un intervalle de priorité d'une station est fondé sur le numéro de priorité de couche élevée associé à la trame prête à la transmission (TX_PRI), déterminé par la couche Liaison de données. Pour les transmissions sans priorité spécifiée, la valeur par défaut de TX_PRI est de 2 (transmission dite "au mieux"). La station utilise tout intervalle dont le numéro est inférieur ou égal à la valeur de TX_PRI et normalement l'intervalle qui porte exactement la valeur TX_PRI. Après l'intervalle de priorité 0, il n'y a plus d'intervalles de priorité, et toute station avec un trafic d'un niveau de priorité quelconque peut prétendre à être traitée sur la base "premier arrivé, premier servi". Toutes les collisions après le niveau de priorité 0 sont considérées comme intervenant au PRI = 0.

La largeur de l'intervalle de priorité est de 21,0 μ s.

Les stations en attente d'émission doivent observer la valeur de détection de porteuse (CS, *carrier sense*), et retarder l'utilisation du support si la valeur de CS était "Vraie" (true) avant le début de l'intervalle de priorité de la station ou si après l'intervalle de priorité 0, la valeur CS était "Vraie". Toute station prête à transmettre au début de son intervalle de priorité doit effectuer sa transmission si la valeur de CS était "Faux" (false) avant le début de son intervalle de priorité, sans la retarder, si la valeur de CS était annoncée avant le début de la transmission.

Dans l'exemple représenté à la Figure 12, la transmission de priorité élevée commence à un instant désigné sans laisser la priorité au trafic de plus faible priorité.

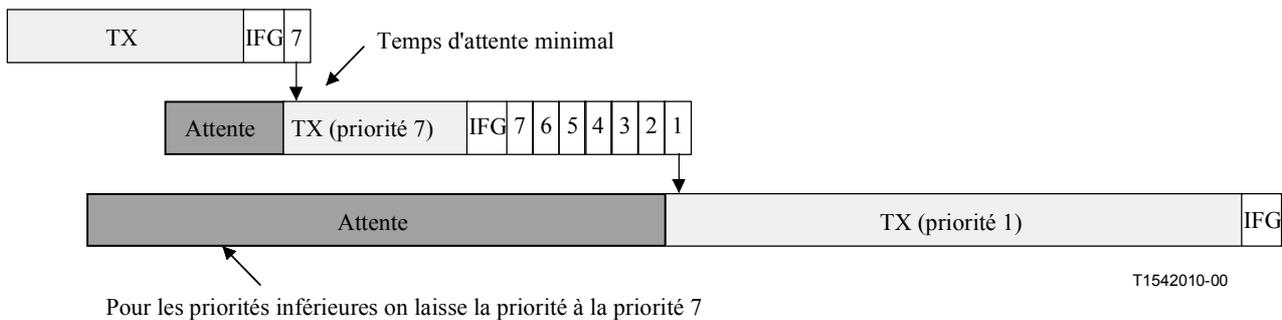


Figure 12/G.989.1 – Exemple d'accès avec priorité

Le temporisateur d'intervalle est réarmé si une autre transmission acquiert le canal alors qu'une station attend avec un niveau de priorité inférieur.

8.2 Mappage de priorité

La valeur de TX_PRI est la priorité utilisée pour programmer la transmission et est la valeur contenue dans le champ PRI de l'en-tête de trame. La valeur de TX_PRI est déterminée par une couche plus élevée, et la méthode d'étiquetage de la priorité n'entre pas dans le cadre de la présente Recommandation.

Il peut y avoir mappage entre les priorités de la couche accès au support (MAC) et les priorités de couche Liaison (LL, *link layer*), telles qu'elles sont remises à la couche Liaison par la couche Réseau. La définition d'un autre mappage éventuel de priorité entre la couche Liaison et la couche MAC appelle un complément d'étude.

En général, la couche Réseau ou la couche Application déterminera la politique suivie pour mapper le trafic en priorité LL.

8.3 Détection de collision

Plusieurs stations peuvent commencer la transmission dans le même intervalle de priorité en utilisant la période IFG ou commencer la transmission au même instant après l'intervalle de priorité 0. Une collision se produit lorsque plusieurs stations ont des trames en attente (dans ce contexte, définies comme stations actives) et tentent d'accéder au canal en transmettant un préambule et un en-tête. Le niveau de priorité d'une collision peut être déduit de l'intervalle de priorité dans lequel la collision se produit. En général, les collisions se produisent entre trames de même niveau de priorité, mais il est possible que ces collisions se produisent entre des transmissions ayant des niveaux de priorité différents.

Toutes les stations observent le canal pour détecter les collisions de transmission des autres stations. Les stations passives peuvent détecter les collisions en observant la longueur du fragment de transmission.

Une station qui détecte une collision doit cesser de transmettre dans les 70,0 μ s après le début de la trame mesuré à l'interface W1. La taille minimale d'une trame valide (sans collision) est de 92,5 μ s, on tient ainsi compte des écarts de temps entre les transmissions de stations. Les transmissions trop courtes ou trop longues sont reconnues comme résultant de collisions entre d'autres stations.

8.4 Résolution des collisions

Afin de résoudre les collisions, un algorithme décentralisé de résolution des collisions (CR, *collision resolution*) est utilisé et classe les stations selon leur ordre de niveau de recul. Les niveaux de recul indiquent l'ordre dans lequel les stations en collision vont transmettre. Le résultat souhaité de

l'application de l'algorithme est qu'une seule station ait un niveau de recul 0 ce qui lui permet d'acquérir le canal. Puis, après que la station qui a le niveau de recul 0 ait terminé sa transmission, toutes les stations abaissent leur niveau de recul de 1 s'il est supérieur à 0. La ou les nouvelles stations ayant un niveau de recul 0 tentent alors la transmission. Toutes les stations, y compris celles qui n'ont pas de trame à transmettre, surveillent l'activité du support pour connaître le niveau de recul maximal. Grâce à cette surveillance, le cycle de résolution de la collision est clos, de sorte que les stations qui n'étaient pas en collision ne sont pas autorisées à "prétendre" à l'accès au support, tant que toutes les stations en collision aient transmis une trame avec succès ou renoncé au droit de transmettre leur trame en attente.

Grâce à ce processus, toutes les stations qui "prétendaient" avoir accès pendant la collision initiale, obtiennent l'accès aux conducteurs et le cycle de résolution des collisions est terminé. Cela se traduit par un temps d'attente d'accès étroitement limité.

Chaque station gère huit compteurs de niveau d'attente (un par priorité) et huit compteurs de niveau d'attente maximal (MBL, *maximum backoff level*). Les compteurs BL et MBL sont initialisés à 0 et saturent à 15.

8.4.1 Sélection du niveau d'attente par la signalisation

Après une collision et un intervalle IFG, trois intervalles spéciaux de signaux (S0...S2) sont présents avant la séquence normale des intervalles de priorité (intervalles de "prétention"). Voir Figure 13. Les intervalles de signal sont utilisés pour initialiser/déterminer le contenu des compteurs de niveau d'attente. Les intervalles de signal n'apparaissent qu'après des collisions et ne suivent pas des transmissions réussies. La largeur de l'intervalle de signal est de 32,0 μ s.

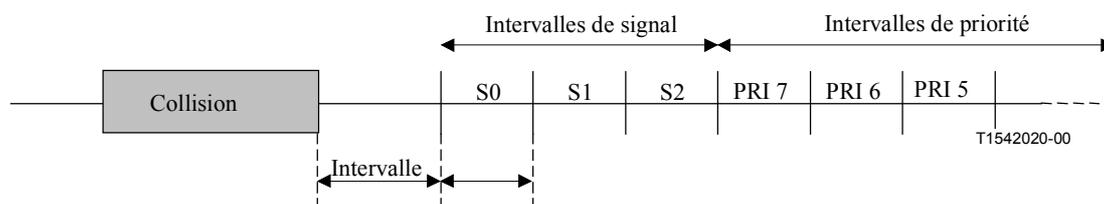


Figure 13/G.989.1 – Intervalles de signal

Chaque station active dans la période de résolution des collisions choisit de manière pseudoaléatoire un des intervalles de signal, et transmet un signal d'attente. Le signal d'attente est une séquence de symboles se composant des 32 premiers symboles des 128 symboles de la séquence de préambule, suivie de la séquence EOF à 8 symboles. Les signaux sont modulés sur une porteuse à 7,0 MHz et le résultat est filtré pour respecter le gabarit de PSD défini au paragraphe 5. Plusieurs stations peuvent émettre un signal d'attente dans le même intervalle de signal. Les stations actives transmettent des signaux d'attente pour indiquer l'information de classement qui détermine les nouveaux niveaux d'attente à utiliser.

Toutes les stations (y compris les stations non actives) observent les événements de collision et les intervalles de signal pour calculer le niveau d'attente. Si une station active voit un signal d'attente dans un intervalle avant celui qu'elle a choisi, elle augmente son niveau d'attente. Les stations ayant un niveau d'attente zéro (celles qui "prétendent" activement à la transmission) qui n'ont pas reçu de signaux d'attente avant celui choisi restent au niveau d'attente zéro et attendent de transmettre dans l'intervalle de priorité qui suit immédiatement la séquence de signal d'attente. Le numéro d'intervalle de priorité est le même que la priorité de la trame en attente (TX_PRI). Eventuellement, une seule station reste au niveau d'attente zéro et accède effectivement au canal. Il convient de noter que les stations ayant des trames en attente de priorité plus élevée peuvent avoir la priorité sur la résolution

des collisions en transmettant un intervalle de priorité avant celui dans lequel la précédente collision s'est produite.

Le compteur MBL est incrémenté pour chaque signal d'attente vu et décrémenté lorsqu'une transmission a effectivement lieu. Le compteur MBL pour chaque station a une valeur non nulle chaque fois qu'un cycle de résolution de collision est en cours. Lorsque une station devient d'abord active, le compteur BL est initialisé au contenu du compteur MBL. Grâce à cela, toutes les stations actuellement actives accèdent au canal avant que les stations puissent réintégrer la file d'attente.

APPENDICE I

Bibliographie

- UIT-T G.992.1 (1999), *Emetteurs-récepteurs de ligne d'abonné numérique asymétrique*.
- UIT-T G.992.2 (1999), *Emetteurs-récepteurs de ligne d'abonné numérique asymétrique sans filtre séparateur*.
- UIT-T J.112 (1998), *Systèmes de transmission pour services interactifs de télévision par câble*.
- UIT-T V.90 (1998), *Paire-modem numérique-modem analogique destinée à être utilisée sur le réseau téléphonique public commuté à des débits allant jusqu'à 56 000 bit/s vers l'aval et 33 600 bit/s vers l'amont*.
- UIT-T X.200 (1994) | ISO/CEI 7498-1:1994, *Technologies de l'information – Interconnexion des systèmes ouverts – Modèle de référence de base: le modèle de référence de base*.
- IEEE 802.3 (2000), *Information technology – LAN/MAN – Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications*.
- ETSI TS 101 270-1 (1999), *Transmission and Multiplexing (TM); Access transmission systems on metallic access cables; Very high speed Digital Subscriber Line (VDSL); Part 1: Functional requirements*.

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série B	Moyens d'expression: définitions, symboles, classification
Série C	Statistiques générales des télécommunications
Série D	Principes généraux de tarification
Série E	Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
Série F	Services de télécommunication non téléphoniques
Série G	Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques
Série H	Systèmes audiovisuels et multimédias
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Réseaux câblés et transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	RGT et maintenance des réseaux: systèmes de transmission, circuits téléphoniques, télégraphie, télécopie et circuits loués internationaux
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
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 et communication entre systèmes ouverts
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information et protocole Internet
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication