



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.114

(05/2003)

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

Connexions et circuits téléphoniques internationaux –
Généralités sur la qualité de transmission d'une connexion
téléphonique internationale complète

Temps de transmission dans un sens

Recommandation UIT-T G.114

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
Définitions générales	G.100–G.109
Généralités sur la qualité de transmission d'une connexion téléphonique internationale complète	G.110–G.119
Caractéristiques générales des systèmes nationaux participant à des connexions internationales	G.120–G.129
Caractéristiques générales d'une chaîne 4 fils formée par des circuits internationaux et leurs prolongements nationaux	G.130–G.139
Caractéristiques générales d'une chaîne 4 fils de circuits internationaux; transit international	G.140–G.149
Caractéristiques générales des circuits téléphoniques internationaux et des circuits nationaux de prolongement	G.150–G.159
Dispositifs associés aux circuits téléphoniques à grande distance	G.160–G.169
Aspects liés au plan de transmission dans les connexions et circuits spéciaux utilisant le réseau de communication téléphonique international	G.170–G.179
Protection et rétablissement des systèmes de transmission	G.180–G.189
Outils logiciels pour systèmes de transmission	G.190–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
EQUIPEMENTS DE TEST	G.500–G.599
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	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 - ASPECTS GÉNÉRIQUES ET ASPECTS LIÉS À L'UTILISATEUR	G.1000–G.1999
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.6000–G.6999
EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	G.7000–G.7999
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.8000–G.8999

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

Recommandation UIT-T G.114

Temps de transmission dans un sens

Résumé

La présente Recommandation fournit des indications sur les effets du temps de propagation de bout en bout dans un sens (appelé parfois retard de propagation) et d'une limite supérieure du délai de transmission réseau dans un sens.

Bien qu'il soit recommandé de ne pas dépasser à des fins de planification générale du réseau un délai dans un sens de 400 ms, il importe de réaliser que des délais nettement plus faibles risquent d'affecter les tâches hautement interactives (par exemple, nombre de communications vocales, applications de données interactives, visioconférences).

Une courbe établie au moyen du modèle E (Rec. UIT-T G.107) permet d'estimer les effets de retards inférieurs à 500 ms sur les signaux vocaux de conversation.

La présente version constitue une révision majeure de cette Recommandation afin de l'aligner avec les autres Recommandations de la série G.100.

Source

La Recommandation G.114 de l'UIT-T a été approuvée par la Commission d'études 12 (2001-2004) de l'UIT-T le 6 mai 2003 selon la procédure définie dans la Recommandation UIT-T A.8. Elle comporte les modifications introduites par l'Appendice II approuvé le 30 septembre 2003.

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.

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

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

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

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT n'avait pas été avisée de l'existence d'une propriété intellectuelle protégée par des brevets à acquérir pour mettre en œuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux responsables de la mise en œuvre de consulter la base de données des brevets du TSB.

© UIT 2004

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 Introduction	1
2 Références normatives.....	1
3 Applicabilité à la qualité de transmission vocale – Utilisation du modèle E	2
4 Recommandations concernant le temps de transmission dans un sens	3
5 Estimation de temps de propagation de bout en bout d'après les configurations des éléments de transmission	4
Annexe A – Estimation du temps de transmission de bout en bout.....	4
A.1 Valeurs de planification du temps de transmission pour les circuits.....	4
A.2 Retard introduit par le codec	6
A.3 Retard dû à la variation du temps de transmission introduite par la mémoire-tampon dans un environnement IP.....	8
Appendice I – Retard introduit par le traitement au niveau du codeur	9
Appendice II – Directives relatives au temps de propagation dans un sens en téléphonie Internet.....	13
II.1 Introduction	13
II.2 Obtention d'un temps de propagation satisfaisant	13

Recommandation UIT-T G.114

Temps de transmission dans un sens

1 Introduction

La présente Recommandation fournit des indications sur les effets du temps de propagation de bout en bout dans un sens (appelé parfois retard de propagation) et d'une limite supérieure du délai de transmission réseau dans un sens. L'effet de ce délai sur la qualité de transmission des signaux vocaux peut être estimé grâce à une courbe obtenue à partir du modèle d'évaluation de l'indice de transmission de la Rec. UIT-T G.107 [3], qui constitue la méthode préconisée par l'UIT-T pour la planification de la transmission des signaux vocaux de bout en bout. La Rec. UIT-T G.108 [4] montre par des exemples détaillés comment utiliser le modèle afin d'évaluer la qualité de transmission des connexions en présence de différentes altérations, notamment des retards de propagation dans un sens; de plus, la Rec. UIT-T G.109 [5] classe les prévisions d'indice de transmission du modèle en catégories de qualité de transmission des signaux vocaux. Par conséquent, tandis que la Rec. UIT-T G.114 fournit de précieuses indications concernant le retard de propagation dans un sens en tant que paramètre en soi, la Rec. UIT-T G.107 [3] (ainsi que les Recommandations UIT-T associées G.108 [4] et G.109 [5]) devrait être utilisée afin d'évaluer les effets des retards conjointement avec différentes altérations (par exemple, les distorsions imputables au traitement des signaux vocaux).

Les tâches hautement interactives (par exemple, applications de transmission vocale, de visiophonie et applications de données interactives) risquent d'être affectées par des retards inférieurs à 100 ms, comme en témoignent les résultats des essais présentés à l'Annexe B des versions précédentes de la Rec. UIT-T G.114. Pour cette raison, les versions précédentes de la présente Recommandation ont indiqué que le maintien des retards de propagation à un niveau inférieur à 150 ms n'entraînerait pas une altération notable de la plupart des *applications*. En outre, une limite supérieure de 400 ms à des fins de planification du *réseau* a toujours figuré dans la Rec. UIT-T G.114. Néanmoins, ce traitement parallèle des retards de transmission par le réseau d'une part et des retards au niveau des applications ("bouche/oreille") a introduit une certaine confusion quant à la façon dont il convient d'appliquer la Rec. UIT-T G.114.

Heureusement, suite à l'élaboration et à l'approbation du modèle E (Rec. UIT-T G.107 [3]), fondé sur des essais subjectifs de retard (parmi différents paramètres), il existe à présent une méthode reconnue d'estimation des effets des retards sur la qualité de transmission de bouche à oreille des signaux vocaux.

Il est donc possible désormais de fournir des indications simples et concrètes concernant les effets des retards en matière de transmission des signaux vocaux et tel est l'objet de la présente Recommandation.

L'absence d'instruments analogues dans le cas des applications non vocales doit faire l'objet d'un complément d'étude; à cet égard, la présente Recommandation ne peut fournir que des indications générales à des fins de planification.

2 Références normatives

La présente Recommandation se réfère à certaines dispositions des Recommandations UIT-T et textes suivants, qui de ce fait, en sont partie intégrante. Les versions indiquées étaient en vigueur au moment de la publication de la présente Recommandation. Toute Recommandation ou tout texte étant sujet à révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à se reporter, si possible, aux versions les plus récentes des références normatives suivantes. La liste des

Recommandations de l'UIT-T en vigueur est régulièrement publiée. La référence à un document figurant dans la présente Recommandation ne donne pas à ce document, en tant que tel, le statut d'une Recommandation.

- [1] Recommandation UIT-T G.100 (2001), *Définitions utilisées dans les Recommandations sur les caractéristiques générales des connexions et des circuits téléphoniques internationaux.*
- [2] Recommandation UIT-T G.101 (1996), *Le plan de transmission.*
- [3] Recommandation UIT-T G.107 (2003), *Le modèle E: modèle de calcul utilisé pour la planification de la transmission.*
- [4] Recommandation UIT-T G.108 (1999), *Application du modèle E: guide de planification.*
- [5] Recommandation UIT-T G.109 (1999), *Définition des catégories de qualité de transmission vocale.*
- [6] Recommandation UIT-T G.131 (1996), *Réduction de l'écho pour le locuteur.*
- [7] Recommandation UIT-T G.168 (2002), *Annuleurs d'écho pour les réseaux numériques.*
- [8] Recommandation UIT-T G.763 (1998), *Equipements de multiplication de circuit numérique utilisant la modulation MICDA G.726 et la concentration numérique de la parole.*
- [9] Recommandation UIT-T G.764 (1990), *Mise en paquets de la parole – Protocole de transmission de la parole par paquets.*
- [10] Recommandation UIT-T G.766 (1996), *Démodulation/remodulation de télécopie pour équipement multiplicateur de circuits numériques.*
- [11] Recommandation UIT-T G.767 (1998), *Equipement de multiplication de circuit numérique utilisant la prédiction linéaire à faible délai à excitation par code à 16 kbit/s, la concentration numérique de la parole et la démodulation/remodulation de télécopie.*
- [12] Recommandation UIT-T Q.551 (2002), *Caractéristiques de transmission des commutateurs numériques.*
- [13] Recommandation UIT-T Y.1541 (2002), *Objectifs de qualité de fonctionnement pour les services en mode IP.*

3 Applicabilité à la qualité de transmission vocale – Utilisation du modèle E

La présente Recommandation indique les limites de bout en bout concernant la valeur moyenne du retard dans un sens, indépendamment des autres altérations de la transmission. La modélisation de l'indice de transmission proposée dans la Rec. UIT-T G.107 [3], qui constitue la méthode recommandée par l'UIT-T à des fins de planification de la transmission de bout en bout des signaux vocaux, répond à la nécessité de prendre en considération les effets conjoints de toutes les altérations sur la qualité de transmission des signaux vocaux. La Rec. UIT-T G.108 [4] montre par des exemples détaillés comment utiliser le modèle afin d'évaluer la qualité de transmission de connexions comportant différentes altérations, notamment des retards de propagation; et enfin la Rec. UIT-T G.109 [5] classe les prévisions d'indice de transmission du modèle en différentes catégories de qualité de transmission des signaux vocaux. Par conséquent, tandis que la présente Recommandation fournit de précieuses indications concernant le retard de propagation dans un sens en tant que paramètre en soi, la Rec. UIT-T G.107 [3] (ainsi que les Recommandations associées UIT-T G.108 [4] et G.109 [5]) devrait être utilisée afin d'évaluer les effets conjoints des retards et de différentes altérations (par exemple les distorsions imputables au traitement des signaux vocaux).

4 Recommandations concernant le temps de transmission dans un sens

Indépendamment du type d'application, il est recommandé de ne pas dépasser un retard dans un sens de 400 ms à des fins de planification générale du réseau (d'une interface utilisateur-réseau à une autre, tel qu'indiqué par exemple dans la Rec. UIT-T Y.1541 [13]), valeur permettant une flexibilité de mise en œuvre des réseaux mondiaux, sans multiplier de manière excessive les incidents inacceptables pour l'utilisateur.

Néanmoins, il est souhaitable de maintenir à un niveau aussi bas que possible les retards observés au niveau des applications usager. Il convient d'utiliser le modèle E afin d'estimer l'incidence des retards de transmission dans un sens (notamment toutes les causes de retard, affectant la transmission de "bouche à oreille") sur la qualité de transmission des signaux vocaux pour les conversations normales, tel qu'indiqué ci-dessous. Pour les applications non vocales (par exemple, applications de données interactives ou visioconférence), il n'existe pas d'instrument d'évaluation communément admis, tel que le modèle E; aussi faut-il surveiller attentivement les effets des retards sur les applications de ce type. Bien que plusieurs applications risquent d'être légèrement affectées par des retards de bout en bout (c'est-à-dire dans la transmission "de bouche à oreille" pour les signaux vocaux) de moins de 150 ms, si les retards peuvent être maintenus en deçà, la plupart des applications, tant vocales que non vocales, se caractériseront par une interactivité pratiquement transparente.

Bien que des retards supérieurs à 400 ms soient inacceptables à des fins de planification générale du réseau, il est admis que cette limite sera dépassée dans certains cas exceptionnels. On peut citer à titre d'exemple de ce type d'exception les doubles bonds satellitaires inévitables, pour un emplacement difficile à atteindre, dont l'impact peut être estimé au moyen du facteur d'avantage du modèle E.

Quant à l'utilisation du modèle E pour les applications vocales, le diagramme reproduit ci-après de l'indice de transmission R en fonction du retard permet d'en observer l'incidence. Les catégories de qualité vocale définies dans la Rec. UIT-T G.109 [5] qui rapportent les valeurs de l'indice R aux niveaux d'acceptation de l'utilisateur sont également indiquées.

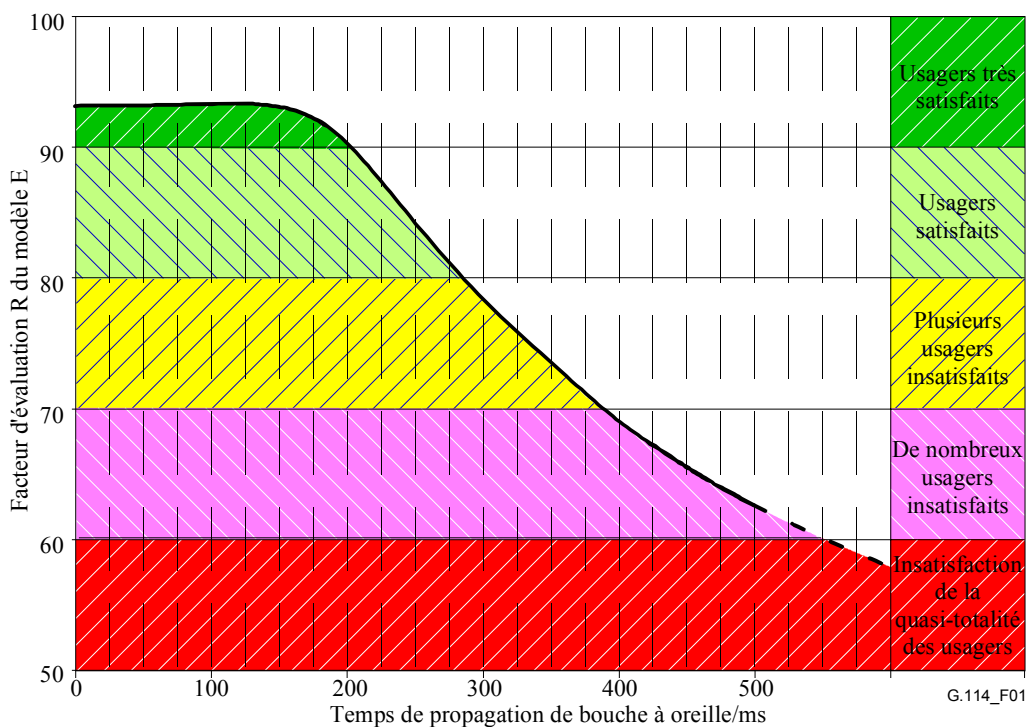


Figure 1/G.114 – Détermination des effets du temps de propagation absolu selon le modèle E

NOTE 1 – La courbe de la Figure 1 correspond à l'effet exclusif d'un simple retard, c'est-à-dire en l'absence complète de tout écho. Cette courbe est déterminée en attribuant au paramètre T_a du modèle E de la Rec. UIT-T G.107 la valeur totale du temps de transmission dans un sens de la bouche à l'oreille, les valeurs par défaut étant attribuées à tous les paramètres d'entrée du modèle E. L'écho observé en raison par exemple d'une protection insuffisante, se traduira par une qualité de transmission vocale inférieure pour une valeur donnée du temps de propagation dans un sens.

NOTE 2 – Le calcul suppose en outre un facteur de dégradation due à l'équipement (I_e , *equipment impairment factor*) égal à zéro. Des valeurs non nulles, telles qu'on les observe en cas de codage/traitement des signaux vocaux entraîneront une qualité de transmission vocale réduite pour une valeur donnée du temps de propagation dans un sens.

NOTE 3 – Pour des valeurs du temps de propagation dans un sens supérieures à 500 ms, la courbe est représentée en pointillé afin d'indiquer que les résultats en question ne sont pas entièrement validés, mais constituent la meilleure estimation des valeurs probables et qu'ils constituent par conséquent des indications utiles.

5 Estimation de temps de propagation de bout en bout d'après les configurations des éléments de transmission

Les valeurs du temps de propagation nominales et les règles de planification générales indiquées à l'Annexe A ainsi que les temps de propagation liés au codeur de l'Appendice I peuvent servir à estimer la valeur du temps de transmission total de bout en bout.

Annexe A

Estimation du temps de transmission de bout en bout

A.1 Valeurs de planification du temps de transmission pour les circuits

Tableau A.1/G.114 – Valeurs de planification du temps de transmission pour les circuits

Système de transmission ou de traitement	Contribution au temps de transmission unidirectionnelle	Observations
Câble coaxial terrestre ou faisceau hertzien; transmission FDM et numérique	4 μ s/km	Tient compte du retard dû aux répéteurs et aux régénérateurs
Système en câble optique, transmission numérique	5 μ s/km (Note 1)	
Système sous-marin en câble coaxial	6 μ s/km	
Système sous-marin en câble optique: – terminal émetteur – terminal récepteur	13 ms 10 ms	Situation la moins favorable
Système à satellites: – altitude de 400 km – altitude de 14 000 km – altitude de 36 000 km	12 ms 110 ms 260 ms	Propagation dans l'espace seulement (entre stations terriennes)

Tableau A.1/G.114 – Valeurs de planification du temps de transmission pour les circuits

Système de transmission ou de traitement	Contribution au temps de transmission unidirectionnelle	Observations
Modulateur et démodulateur de voies FDM	0,75 ms (Note 2)	
Système mobile terrestre public (PLMS, <i>public land mobile system</i>) – objectif 40 ms	80-110 ms	
Codeurs et décodeurs selon la série H.260	A étudier (Note 3)	
Equipements DCME (Rec. UIT-T G.763 [8]) par paire: pour signaux vocaux, données en bande vocale et télécopie non remodulée	30 ms	La moitié du total des temps de propagation dans les deux sens de transmission
Equipements DCME (Rec. UIT-T G.767 [11]) par paire: pour signaux vocaux, données en bande vocale et télécopie non remodulée	30 ms	
Equipements DCME (Rec. UIT-T G.766 [10] associée à Rec. UIT-T G.763 [8] ou Rec. UIT-T G.767 [11]) par paire: pour télécopie remodulée	200 ms	
Equipements PCME (Rec. UIT-T G.764 [9]) par paire: – avec données en bande vocale non remodulées et signaux vocaux; – avec données en bande vocale remodulées.	35 ms 70 ms	
Transmultiplexeur	1,5 ms (Note 4)	
Commutateur de transit numérique/numérique	0,45 ms (Note 5)	La moitié du total des temps de propagation dans les deux sens de transmission
Commutateur local numérique analogique/analogique	1,5 ms (Note 5)	
Commutateur local numérique ligne analogique d'abonné/jonction numérique	0,975 ms (Note 5)	
Commutateur local numérique ligne numérique d'abonné/jonction numérique	0,825 ms (Note 5)	
Compensateurs d'écho	0,5 ms (Note 6)	
Mode ATM (codage CBR utilisant la couche AAL 1)	6,0 ms (Note 7)	

Tableau A.1/G.114 – Valeurs de planification du temps de transmission pour les circuits

NOTE 1 – Cette valeur est provisoire et actuellement à l'étude.

NOTE 2 – Ces valeurs tiennent compte d'une distorsion du temps de propagation de groupe pour les fréquences du maximum de puissance vocale et d'un retard pour les équipements de multiplexage intermédiaires d'ordre supérieur et pour les équipements de transfert.

NOTE 3 – Complément d'étude requis. Pour ces équipements, le délai n'est habituellement pas constant et son étendue de variation dépend de l'implémentation. Les implémentations actuelles apportent un délai de plusieurs centaines de millisecondes. Un retard considérable est ajouté aux voies audio afin d'assurer la synchronisation des mouvements des lèvres. Les constructeurs sont appelés à réduire la contribution de leurs équipements au temps de transmission, conformément à la présente Recommandation.

NOTE 4 – Pour les communications numériques par satellite, où le transmultiplexeur est installé dans la station terrienne, cette valeur peut être portée à 3,3 ms.

NOTE 5 – Il s'agit là de valeurs moyennes; selon la charge de trafic, ces valeurs pourront être plus élevées, par exemple de 0,75 ms (1,950 ms, 1,350 ms ou 1,250 ms) avec une probabilité de non-dépassement de 95% (pour plus de détails, voir la Rec. UIT-T Q.551 [12]).

NOTE 6 – Cette valeur est intégrée sur les deux sens de transmission.

NOTE 7 – Il s'agit du délai de formation des cellules constituant le flux à 64 kbit/s lorsque les cellules sont complètement remplies (une seule voie de signaux vocaux par circuit virtuel). Dans les applications concrètes, un délai supplémentaire en résultera, dû par exemple à la détection et à la mémorisation des pertes de cellules. D'autres délais pourront s'appliquer à d'autres couches AAL et à d'autres configurations de mappage de cellules. Ils feront l'objet d'études complémentaires.

A.2 Retard introduit par le codec

Les codecs de signaux vocaux modernes traitent des ensembles d'échantillons de signaux vocaux appelés trames. Chaque bloc d'échantillons de signaux vocaux entrant est traité dans une trame comprimée. La trame de signaux vocaux codés n'est pas émise avant que tous les échantillons de signaux vocaux du bloc d'entrée aient été collectés par le codeur. Il y a donc un retard d'une trame avant que le traitement ne commence. En outre, beaucoup de codeurs examinent également la trame suivante pour améliorer le rendement de compression. La longueur de cet examen préalable est appelée temps de préanalyse du codeur. On suppose en principe que le temps nécessaire pour traiter une trame d'entrée est égal à la durée de la trame, du fait que les ressources du processeur seront efficacement utilisées lorsqu'un ensemble codeur/décodeur (ou plusieurs ensembles codeurs/décodeurs) fonctionnant en parallèle sur des flux d'entrée multiples) utiliseront toute la puissance de traitement disponible (uniformément répartie dans le domaine temporel). On admet donc que le temps de propagation dans un ensemble codeur/décodeur s'établit comme suit:

$$2 \times \text{longueur de trame} + \text{temps de préanalyse}$$

A.2.1 Retard dans un environnement filaire

Si l'équipement de sortie fonctionne au même débit que le codec de signaux vocaux (équipement Rec. UIT-T G.729 fonctionnant à 8 kbit/s, par exemple), un retard supplémentaire d'une trame est introduit au moment de la synchronisation de la trame comprimée avec le débit de l'équipement. Le retard maximal imputable au traitement au niveau du codec dans des systèmes filaires classiques (c'est-à-dire le RTPC) s'établit donc comme suit:

$$3 \times \text{longueur de trame} + \text{temps de préanalyse}$$

A.2.2 Retard dans un environnement mobile et hertzien

Si l'équipement de sortie est un réseau mobile ou un équipement sans cordon, la production des trames par le codeur fonctionnera de manière analogue à l'exploitation dans un environnement filaire, mais un retard supplémentaire sera introduit pour adjoindre la trame comprimée au trajet aérien (dans l'hypothèse là encore où l'équipement mobile fonctionne au même débit que le codec

de signaux vocaux). Le retard maximal imputable au traitement au niveau du codec dans des systèmes mobiles et hertziens s'établit donc comme suit:

$$3 \times \text{longueur de trame} + \text{temps de préanalyse} + \text{verrouillage de trames d'interface air}$$

A.2.3 Retard dans l'environnement IP (une trame par paquet)

Si l'équipement de sortie est un réseau IP, la trame produite par le codeur sera instantanément insérée dans un paquet IP. Le délai supplémentaire requis pour l'assemblage et la présentation des paquets IP à la couche de liaison sous-jacente dépendra de la couche Liaison. Lorsque celle-ci appartient à un réseau local (LAN) (Ethernet, par exemple), ce temps supplémentaire sera généralement très court. Le retard minimal imputable au traitement au niveau du codec dans des systèmes IP s'établit donc comme suit:

$$2 \times \text{longueur de trame} + \text{temps de préanalyse}$$

Lorsque la couche Liaison a une fréquence de synchronisation peu élevée (connexion de modem, par exemple) ou une charge de trafic élevée (LAN encombré), le retard supplémentaire sera sensiblement accru. Afin de synchroniser les trames comprimées, au moins sur la même fréquence que l'équipement, au fur et à mesure de la collecte des échantillons de signaux vocaux à l'entrée du décodeur, le retard supplémentaire ne doit pas dépasser la longueur d'une trame. Le retard maximal imputable au traitement au niveau du codec dans des systèmes IP fonctionnant en temps réel s'établit donc comme suit:

$$3 \times \text{longueur de trame} + \text{temps de préanalyse}$$

A.2.4 Retard dans un environnement IP (plusieurs trames par paquet)

Si plusieurs trames de signaux vocaux sont groupées dans un paquet IP unique, un nouveau retard vient s'ajouter au signal vocal. Ce retard sera au moins égal à la durée d'une trame vocale supplémentaire dans le codeur pour chaque nouvelle trame vocale ajoutée au paquet IP. Le retard minimal imputable au traitement au niveau du codec dans des systèmes IP avec plusieurs trames par paquet s'établit donc comme suit:

$$(N + 1) \times \text{longueur de trame} + \text{temps de préanalyse}$$

où N est le nombre de trames dans chaque paquet.

Lorsque la couche Liaison a une fréquence de synchronisation peu élevée (connexion d'un modem, par exemple) ou une charge de trafic élevée (LAN encombré), un retard supplémentaire sera introduit au stade de la remise du paquet à l'équipement. Afin de synchroniser les trames comprimées au moins sur la même fréquence que l'équipement au fur et à mesure de la collecte des échantillons de signaux vocaux à l'entrée du codeur, le retard supplémentaire, en cas de trames multiples par paquet, ne doit pas dépasser la longueur des trames contenues dans un paquet. Il convient de noter que la synchronisation d'un paquet sur l'équipement IP ne peut pas commencer avant que toutes les trames de signaux vocaux de ce paquet soient disponibles. Le retard maximal imputable au traitement au niveau du codec dans des systèmes IP fonctionnant en temps réel avec plusieurs trames par paquet s'établit donc comme suit:

$$(2N + 1) \times \text{longueur de trame} + \text{temps de préanalyse}$$

où N est le nombre de trames dans chaque paquet.

La Figure A.1 donne un exemple pour N = 2:

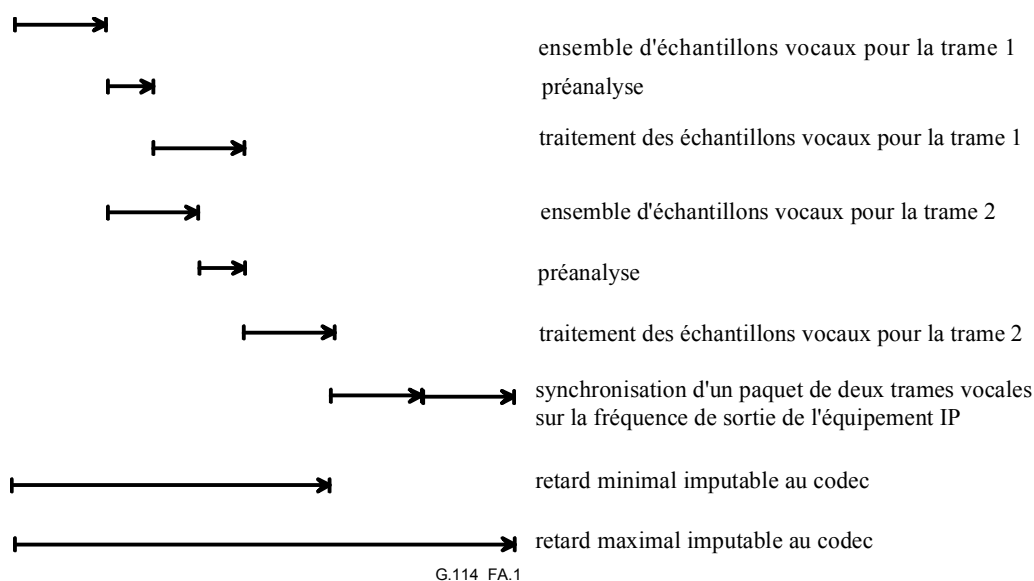


Figure A.1/G.114 – Exemple: composition du temps de transmission total au niveau du codec dans un environnement IP pour N = 2

A.3 Retard dû à la variation du temps de transmission introduite par la mémoire-tampon dans un environnement IP

Les systèmes de transmission en mode paquet présentent des temps variables de remise des paquets; cela est dû au fait que différents paquets acheminant des échantillons de signaux vocaux d'une même conversation téléphonique peuvent être transportés par des voies d'acheminement distinctes dans le réseau. Les particularités de ce phénomène dépendent beaucoup des mécanismes spécifiques de transport, de mise en file d'attente ou de choix de priorités qui peuvent être implémentés dans un tel système. Il faut néanmoins éliminer la variation du temps de propagation avant de reproduire les signaux au niveau de l'utilisateur, faute de quoi une altération notable sera observée.

A cet effet on collecte généralement les paquets transportés dans une mémoire-tampon à l'extrémité de réception. Cette mémoire-tampon replace les paquets dans l'ordre approprié; elle est dimensionnée de façon à s'adapter à un certain domaine de valeurs de la variation du temps de propagation dans le réseau, pour différer effectivement tous les paquets et obtenir des temps de transit alignés sur celui du paquet caractérisé par le délai maximal admissible. Si le temps de remise d'un paquet dépasse la capacité maximale de la mémoire-tampon, ce paquet "arrive trop tard" compte tenu du temps de lecture prévu correspondant et sera rejeté. Par conséquent, les signaux vocaux qu'il contenait seront perdus pour le processus de décodage. Ces "pertes de paquets" altèrent la qualité de transmission des signaux vocaux (voir Rec. UIT-T G.113).

La contribution d'une mémoire-tampon de compensation de gigue au temps de transfert dans un sens est fondée sur la durée moyenne passée par les paquets dans le tampon, qui est inférieure à la capacité maximale du tampon. En fonction du type spécifique de l'implémentation, et de l'ajustement approprié du tampon de compensation de gigue, cette durée maximale peut être limitée à la moitié de la capacité maximale du tampon (en supposant une distribution symétrique des temps de transfert). Les paquets faisant l'objet du temps de transfert minimal attendront la durée maximale dans le tampon de compensation de gigue avant d'être extraits sous une forme de train synchrone, l'inverse étant cependant vrai pour les paquets ayant le temps de transfert maximal convenu (ces paquets passent le temps minimal dans le tampon de compensation de gigue). A DES FINS DE PLANIFICATION, IL EST RECOMMANDÉ de supposer qu'un tampon de compensation de gigue majore le temps moyen de propagation dans le réseau de la moitié de son temps maximal.

Exemple (extrait de l'Appendice III/Y.1541 [13]):

un tampon de compensation de gigue conçu pour une variation du temps de propagation des paquets de 50 ms introduira un délai supplémentaire de 25 ms en moyenne.

D'autres indications sur les effets du temps de propagation des paquets dus au tampon de compensation de gigue figurent dans la Rec. UIT-T Y.1541 [13].

Il convient de noter, qu'en présence d'implémentations dynamiques de tampon de compensation de gigue, le temps de transit des signaux vocaux restitués à l'utilisateur fera l'objet de variations peu fréquentes lors du redimensionnement de la taille de ce tampon.

Appendice I

Retard introduit par le traitement au niveau du codeur

Tableau I.1/G.114 – Valeurs de retard introduites par les codeurs pour des applications filaires

Type de codeur	Débit (kbit/s)	Longueur de trame (ms)	Temps de préanalyse (ms)	Retard moyen dans un sens introduit par le traitement au niveau des codeurs (ms)	Référence
MIC	64	0,125	0	0,375	G.711, G.712
MICDA	40	0,125	0	0,375	G.726, G.727
MICDA	32	0,125	0	0,375	G.721(1988), G.726, G.727
MICDA	24	0,125	0	0,375	G.726, G.727
MICDA	16	0,125	0	0,375	G.726, G.727
LD-CELP	16	0,625	0	1,875	G.728
LD-CELP	12,8	0,625	0	1,875	G.728
CS-ACELP	8	10	5	35	G.729
VSELP	7,95	20	0	60	IS-54-B, TIA
ACELP	7,4	20	5	65	IS-641, TIA
QCELP	8	20	0	60	IS-96-A
RCELP	8	20	10	70	IS-127
VSELP	6,7	20	5	65	Japanese PDC
RPE-LTP	13	20	0	60	GSM 06.10, Full-rate
VSELP	5,6	20	0	60	GSM 06.20, Half-rate
ACELP	12,2	20	0	60	GSM 06.60, Enhanced FR
ACELP	5,3	30	7,5	97,5	G.723.1
MP-MLQ	6,3	30	7,5	97,5	G.723.1

NOTE 1 – Le codeur MIC assure la conversion analogique-numérique et vice versa, alors que tous les autres codeurs se rapportent au domaine MIC; pour la modulation MIC dans le domaine analogique, un retard supplémentaire (de 0,375 ms) est introduit.

NOTE 2 – Pour les applications filaires, le retard moyen dans un sens introduit par le traitement au niveau du codec = $3 \times$ longueur de trame + temps de préanalyse (voir § A.2.1).

Tableau I.2/G.114 – Valeurs de retard introduites par les codeurs pour des applications mobiles ou sans cordon

Type de codeur	Débit (kbit/s)	Longueur de trame (ms)	Temps de pré-analyse (ms)	Verrouillage de trames de l'interface air (ms)	Retard moyen dans un sens introduit par le traitement au niveau des codeurs (ms)	Référence
MIC	64	0,125	0	(Voir Note 3)		G.711, G.712
MICDA	40	0,125	0	(Voir Note 3)		G.726, G.727
MICDA	32	0,125	0	13,625	14	G.721(1988), G.726, G.727, DECT
MICDA	24	0,125	0	(Voir Note 3)		G.726, G.727
MICDA	16	0,125	0	(Voir Note 3)		G.726, G.727
LD-CELP	16	0,625	0	(Voir Note 3)		G.728
LD-CELP	12,8	0,625	0	(Voir Note 3)		G.728
CS-ACELP	8	10	5	(Voir Note 3)		G.729
VSELP	7,95	20	0			IS-54-B, TIA
ACELP	7,4	20	5			IS-641, TIA
QCELP	8	20	0			IS-96-A
RCELP	8	20	10			IS-127
VSELP	6,7	20	5			Japanese PDC
RPE-LTP	13	20	0	35	95	GSM 06.10, Full-rate
VSELP	5,6	20	0	35	95	GSM 06.20, Half-rate
ACELP	12,2	20	0	35	95	GSM 06.60, Enhanced FR
ACELP	5,3	30	7,5	(Voir Note 3)		G.723.1
MP-MLQ	6,3	30	7,5	(Voir Note 3)		G.723.1

NOTE 1 – Le codeur MIC assure la conversation analogique-numérique et vice versa, alors que tous les autres codeurs se rapportent au domaine MIC; pour la modulation MIC dans le domaine analogique, un retard supplémentaire (de 0,375 ms) est introduit.

NOTE 2 – Pour les applications mobiles ou sans cordon, le retard moyen dans un sens introduit par le traitement au niveau du codec = 3 × longueur de trame + temps de préanalyse + verrouillage de trames d'interface air (voir § A.2.2).

NOTE 3 – Pour les types de codeurs avec marquage, la Commission d'études 12 n'a connaissance d'aucune application mobile ou sans cordon.

**Tableau I.3/G.114 – Valeurs de retard introduites par les codeurs pour des applications IP
(une trame par paquet)**

Type de codeur	Débit (kbit/s)	Longueur de trame (ms)	Temps de pré-analyse (ms)	Retard moyen dans un sens introduit par le traitement au niveau des codeurs (ms) (voir Note 2)		Référence
				Minimum	Maximum	
MIC	64	0,125	0	0,25	0,375	G.711, G.712
MICDA	40	0,125	0	0,25	0,375	G.726, G.727
MICDA	32	0,125	0	0,25	0,375	G.721(1988), G.726, G.727
MICDA	24	0,125	0	0,25	0,375	G.726, G.727
ADPCM	16	0,125	0	0,25	0,375	G.726, G.727
LD-CELP	16	0,625	0	1,25	1,875	G.728
LD-CELP	12,8	0,625	0	1,25	1,875	G.728
CS-ACELP	8	10	5	25	35	G.729
VSELP	7,95	20	0	40	60	IS-54-B, TIA
ACELP	7,4	20	5	45	65	IS-641, TIA
QCELP	8	20	0	40	60	IS-96-A
RCELP	8	20	10	50	70	IS-127
VSELP	6,7	20	5	45	65	Japanese PDC
RPE-LTP	13	20	0	40	60	GSM 06.10, Full-rate
VSELP	5,6	20	0	40	60	GSM 06.20, Half-rate
ACELP	12,2	20	0	40	60	GSM 06.60, Enhanced FR
ACELP	5,3	30	7,5	67,5	97,5	G.723.1
MP-MLQ	6,3	30	7,5	67,5	97,5	G.723.1

NOTE 1 – Les codecs MIC assurent la conversion analogique-numérique et vice versa, alors que tous les autres codeurs se rapportent au domaine MIC; pour la modulation MIC dans le domaine analogique, un retard supplémentaire (de 0,375 ms) est introduit.

NOTE 2 – Pour les applications relatives à l'environnement IP, le retard moyen dans un sens introduit par le traitement au niveau du codec est égal à:
 = 2 × longueur de trame + temps de pré-analyse (minimum, voir § A.2.3)
 = 3 × longueur de trame + temps de pré-analyse (maximum, voir § A.2.3).

Tableau I.4/G.114 – Valeurs de retard introduites par les codeurs pour des applications dans l'environnement IP (plusieurs trames par paquet)

Type de codeur	Débit (kbit/s)	Longueur de trame (ms)	Temps de pré-analyse (ms)	Retard moyen dans un sens introduit par le traitement au niveau des codeurs (ms) (voir Note 2)		Référence
				Minimum	Maximum	
MIC	64	0,125	0	$(N + 1) \times 0,125$	$(2N + 1) \times 0,125$	G.711, G.712
MICDA	40	0,125	0	$(N + 1) \times 0,125$	$(2N + 1) \times 0,125$	G.726, G.727
MICDA	32	0,125	0	$(N + 1) \times 0,125$	$(2N + 1) \times 0,125$	G.721(1988), G.726, G.727
MICDA	24	0,125	0	$(N + 1) \times 0,125$	$(2N + 1) \times 0,125$	G.726, G.727
MICDA	16	0,125	0	$(N + 1) \times 0,125$	$(2N + 1) \times 0,125$	G.726, G.727
LD-CELP	16	0,625	0	$(N + 1) \times 0,625$	$(2N + 1) \times 0,625$	G.728
LD-CELP	12,8	0,625	0	$(N + 1) \times 0,625$	$(2N + 1) \times 0,625$	G.728
CS-ACELP	8	10	5	$(N + 1) \times 10 + 5$	$(2N + 1) \times 10 + 5$	G.729
VSELP	7,95	20	0	$(N + 1) \times 20$	$(2N + 1) \times 20$	IS-54-B, TIA
ACELP	7,4	20	5	$(N + 1) \times 20 + 5$	$(2N + 1) \times 20 + 5$	IS-641, TIA
QCELP	8	20	0	$(N + 1) \times 20$	$(2N + 1) \times 20$	IS-96-A
RCELP	8	20	10	$(N + 1) \times 20 + 10$	$(2N + 1) \times 20 + 10$	IS-127
VSELP	6,7	20	5	$(N + 1) \times 20 + 5$	$(2N + 1) \times 20 + 5$	Japanese PDC
RPE-LTP	13	20	0	$(N + 1) \times 20$	$(2N + 1) \times 20$	GSM 06.10, Full-rate
VSELP	5,6	20	0	$(N + 1) \times 20$	$(2N + 1) \times 20$	GSM 06.20, Half-rate
ACELP	12,2	20	0	$(N + 1) \times 20$	$(2N + 1) \times 20$	GSM 06.60, Enhanced FR
ACELP	5,3	30	7,5	$(N + 1) \times 30 + 7,5$	$(2N + 1) \times 30 + 7,5$	G.723.1
MP-MLQ	6,3	30	7,5	$(N + 1) \times 30 + 7,5$	$(2N + 1) \times 30 + 7,5$	G.723.1

NOTE 1 – Le codec MIC assure la conversion analogique-numérique et vice versa, alors que tous les autres codeurs se rapportent au domaine MIC; pour la modulation MIC dans le domaine analogique, un retard supplémentaire (de 0,375 ms) est introduit.

NOTE 2 – Pour les applications relatives à l'environnement IP avec plusieurs trames par paquet, le retard moyen dans un sens introduit par le traitement au niveau du codec peut être calculé comme étant égal à:
 = $(N + 1) \times$ longueur de trame + temps de préanalyse (minimum, voir § A.2.4)
 = $(2N + 1) \times$ longueur de trame + temps de préanalyse (maximum, voir § A.2.4).

NOTE 3 – N = nombre de trames par paquet.

Appendice II

Directives relatives au temps de propagation dans un sens en téléphonie Internet

II.1 Introduction

Le présent appendice donne des directives complémentaires sur l'application de la Rec. UIT-T G.114. Il vise essentiellement à fournir des informations d'ordre pratique aux fins de la planification du réseau de téléphonie Internet (VoIP, *voice over Internet protocol*) de bout en bout. Il établit, en outre, un parallèle avec les objectifs de temps de transfert sur réseau IP définis dans la Rec. UIT-T Y.1541.

II.2 Obtention d'un temps de propagation satisfaisant

Sur de nombreuses routes *intrarégionales* (en Afrique, en Europe ou en Amérique du Nord, par exemple) d'une longueur égale ou inférieure à 5000 km, les utilisateurs de connexions VoIP risquent de subir des temps de propagation de bouche à oreille <150 ms. L'Appendice III/Y.1541 étaye par des exemples ce calcul en utilisant des terminaux de référence ayant un temps de transfert total moyen de 50 ms (par paquets de 10 ms). Il ressort de ce calcul que l'objectif de 100 ms de la Classe 0 de la Rec. UIT-T Y.1541 peut être atteint avec un réseau d'accès convenablement conçu (fonctionnant au débit T1 ou E1 spécifié dans la Rec. UIT-T Y.1541 ou à un débit supérieur) comportant un maximum de 12 routeurs. L'Appendice X/Y.1541 indique qu'une qualité vocale analogue peut être maintenue avec des terminaux de référence ayant un temps de transfert total moins strict de 80 ms (avec des paquets de 20 ms et un élément masquage de perte de paquets non négligeable).

Pour des routes *interrégionales* par voie terrestre, même celles qui parcourent les 27 500 km de la connexion fictive de référence la plus défavorable usuelle de l'UIT, le temps de propagation de bouche à oreille sur un trajet VoIP sera probablement légèrement supérieur à 300 ms. Ceci dans l'hypothèse de terminaux ayant un temps de transfert total de 80 ms (par paquets de 20 ms), et d'un réseau d'accès convenablement conçu prenant en charge des trajets du réseau IP comportant un maximum de 20 routeurs (conformément à l'Appendice III/Y.1541). Naturellement, il est extrêmement improbable que de nombreux appels aient à parcourir la distance la plus défavorable de 27 500 km. Pour les appels interrégionaux parcourant une distance inférieure ou égale à 10 000 km, par exemple – beaucoup plus fréquents – les temps de transfert correspondants seront d'environ 225 ms; valeur certes encore supérieure au temps de transfert souhaitable de 150 ms, mais qui n'en demeure pas moins tout à fait satisfaisante pour la grande majorité des utilisateurs.

Si des temps de transfert de l'ordre de 200 ms ne constituent pas vraiment un problème majeur pour les appels interrégionaux à grande distance, pour lesquels les utilisateurs n'ont pas les mêmes attentes que pour les appels régionaux, il est essentiel que les responsables de la planification des réseaux veillent à ce que les appels locaux et régionaux ne subissent pas de tels temps de transfert du fait que les utilisateurs s'attendent à ce que ces appels soient transmis de manière transparente, c'est-à-dire sans délai aucun.

S'il est incontestable que l'utilisation de technologies VoIP allongera les temps de transfert bien au-delà des temps de transmission par multiplexage temporel (TDM, *time division multiplexing*) sans mise en paquets, la présente analyse démontre que l'utilisation généralisée de la téléphonie VoIP de bout en bout n'engendrera pas nécessairement des temps de transfert problématiques si l'on veille à ce que tel ne soit pas le cas dans le cadre d'une planification appropriée.

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