



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

CCITT

COMITÉ CONSULTATIF
INTERNATIONAL
TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE

G.114

(11/1988)

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 PROPAGATION MOYEN DANS UN SENS

Réédition de la Recommandation du CCITT G.114 publiée
dans le Livre Bleu, Fascicule III.1 (1988)

NOTES

- 1 La Recommandation G.114 du CCITT a été publiée dans le fascicule III.1 du Livre Bleu. Ce fichier est un extrait du Livre Bleu. La présentation peut en être légèrement différente, mais le contenu est identique à celui du Livre Bleu et les conditions en matière de droits d'auteur restent inchangées (voir plus loin).
- 2 Dans la présente Recommandation, le terme «Administration» désigne indifféremment une administration de télécommunication ou une exploitation reconnue.

Recommandation G.114

TEMPS DE PROPAGATION MOYEN DANS UN SENS

(Genève, 1964; modifiée à Mar del Plata, 1968, Genève, 1980;
Malaga-Torremolinos, 1984 et Melbourne, 1988)

Les temps dont il est question dans la présente Recommandation sont les moyennes des temps de propagation dans les deux sens de transmission d'une communication. Lorsque les deux sens de transmission sont établis sur deux supports différents (par exemple, au moyen d'une voie par satellite pour un sens et d'un circuit terrestre pour l'autre), les deux valeurs de temps à partir desquelles est établie la moyenne peuvent différer de façon considérable.

1 Limites pour une communication

Dans une communication téléphonique internationale, il est nécessaire de limiter le temps de propagation entre deux abonnés. A mesure que le temps de propagation augmente, les difficultés des abonnés augmentent et le taux d'accroissement de ces difficultés augmente également. Des renseignements pertinents, particulièrement en ce qui concerne l'alinéa b) ci-après, figurent dans les références de [1] à [10].

En conséquence, à titre d'objectif de fonctionnement du réseau, le CCITT *recommande* d'appliquer les limites suivantes pour le temps de propagation moyen dans un sens lorsqu'il existe des sources d'écho et que l'on utilise des dispositifs de protection contre les échos (suppresseurs ou annuleurs d'écho, par exemple):

- a) 0 à 150 ms, acceptable;

Remarque – On peut employer les suppresses d'écho spécifiés dans la Recommandation G.161 du Livre bleu [11] pour les temps de propagation ne dépassant pas 50 ms (voir le § 2.2 de la Recommandation G.131).

- b) 150 à 400 ms, acceptable, pourvu que l'on prenne de plus en plus de précautions sur les communications lorsque le temps de propagation moyen dans un sens dépasse environ 300 ms et pourvu que l'on emploie des dispositifs de protection contre les échos (suppresseurs et annuleurs d'écho, par exemple) conçus pour des circuits à long temps de propagation;
- c) au-dessus de 400 ms, inacceptable. Des communications présentant de tels temps de propagation ne devraient être utilisées que dans des circonstances tout à fait exceptionnelles.

Jusqu'au jour où des renseignements additionnels significatifs leur permettront de mieux déterminer des limites acceptables pour le temps de propagation, les Administrations tiendront pleinement compte des données contenues dans les documents cités en référence pour choisir, parmi les différentes possibilités, les plans correspondant à des temps de propagation compris dans les limites indiquées au § b) ci-dessus.

Remarque 1 – Les valeurs ci-dessus concernent seulement le temps de propagation entre deux abonnés. Cependant, pour d'autres applications (par exemple, dans la Recommandation G.131), le temps de propagation moyen dans un seul sens d'un trajet d'écho doit être estimé. Les valeurs indiquées au § 2 de la présente Recommandation peuvent être utilisées dans leur évaluation.

Remarque 2 – Il est fort probable que la qualité de fonctionnement assurée par des annuleurs d'écho placés aux deux extrémités d'une communication à temps de propagation long sera généralement supérieure à celle obtenue avec des types d'annuleurs d'écho courants. (Pour plus de détails, voir le § 2.2 de la Recommandation G.131.)

Remarque 3 – Il convient de noter que, bien qu'un supprimeur d'écho et un annuleur d'écho soient compatibles sur la même communication (leur interfonctionnement est satisfaisant), on tire parti au maximum des avantages offerts par les annuleurs d'écho que s'ils sont placés à chacune des deux extrémités. En effet, une Administration qui remplace unilatéralement ses suppresses d'écho par des annuleurs d'écho apportera peu d'avantages à ses propres abonnés sur les communications internationales s'il y a un supprimeur d'écho à l'autre extrémité.

Remarque 4 – Les données expérimentales disponibles (annexe A) ont montré que les communications à temps de propagation dépassant quelque peu 400 ms peuvent être acceptables si des annuleurs d'écho conformes aux spécifications de la Recommandation G.165 ou d'autres dispositifs de protection contre l'écho tout aussi efficaces sont utilisés. L'utilisation de communications à temps de propagation dépassant 400 ms n'est toutefois pas recommandée pour le moment; elle est à l'étude au titre de la Question 27/XII.

Remarque 5 – L'utilisation d'équipements qui introduisent une mutilation, un contraste de bruit, une faible augmentation de l'affaiblissement d'adaptation pour l'écho ou d'autres altérations susceptibles de dégrader la protection

contre l'écho (comme cela peut être le cas avec les postes téléphoniques mains libres, surtout dans un environnement de bruit changeant) peut devoir être contrôlée pour arriver à une qualité de transmission acceptable sur des communications à temps de propagation de 150 à 400 ms. Le sujet est à l'étude au titre de la Question 11/XII.

2 Valeurs pour les circuits

Lorsqu'on établit le plan général d'interconnexion à l'intérieur des limites du § 1, il faut tenir compte du temps de propagation dans un sens aussi bien sur les circuits de prolongement nationaux que sur les circuits internationaux. Le temps de propagation sur les circuits et sur les communications est le total de divers éléments, par exemple, le temps de propagation de groupe dans les câbles et dans les filtres utilisés dans les modulateurs-démodulateurs MRF de types divers. La transmission et la commutation numériques jouent aussi un rôle dans le temps de propagation. Les valeurs conventionnelles de planification indiquées au § 2.1 peuvent être utilisées pour évaluer le temps de propagation total d'assemblages spécifiés pouvant constituer des circuits ou des communications.

2.1 Valeurs de planification conventionnelles du temps de propagation

A titre provisoire, les valeurs de planification conventionnelles du tableau 1/G.114 peuvent être utilisées pour le temps de propagation.

2.2 Circuits nationaux de prolongement

Les artères principales du réseau national devraient être constituées au moyen de lignes à grande vitesse de propagation. Dans ces conditions, le temps de propagation entre le centre international et l'abonné qui en est le plus éloigné dans un réseau national sera dans les cas suivants:

- a) Dans des réseaux purement analogiques, il ne dépassera probablement pas

$$12 + (0,004 \times \text{distance en kilomètres}) \text{ ms.}$$

Dans cette formule, le coefficient 0,004 repose sur l'hypothèse que les circuits interurbains nationaux seront établis sur des lignes à grande vitesse de propagation (250 km/ms). Le terme constant de 12 ms tient compte des équipements terminaux et de la présence probable dans le réseau national d'une certaine quantité de câbles chargés (par exemple, trois couples d'équipements de modulation de voie plus environ 160 km de câbles à charge H 88/36). Pour un pays d'étendue moyenne (voir la figure 2/G.103), le temps de propagation dans un sens sera inférieur à 18 ms.

- b) Dans des réseaux mixtes, analogiques et numériques, le temps de propagation peut généralement être estimé au moyen de la formule donnée pour des réseaux purement analogiques. Cependant, dans certaines conditions défavorables, on peut observer un retard plus important que dans un réseau purement analogique. C'est en particulier le cas lorsque des centraux numériques sont connectés à des systèmes de transmission analogiques par l'intermédiaire d'équipements MIC/MRF en cascade ou de transmultiplexeurs. Avec le degré croissant de numérisation, le temps de propagation approchera graduellement celui des réseaux purement numériques.
- c) Dans des réseaux purement numériques entre centraux (par exemple, un RNI), le temps de propagation tel qu'il est défini plus haut, ne dépassera probablement pas

$$3 + (0,004 \times \text{distance en kilomètres}) \text{ ms.}$$

Le terme constant 3 ms tient compte d'un codeur ou décodeur MIC et de cinq centraux à commutation numérique.

Remarque – La valeur 0,004 est une valeur moyenne pour des systèmes à câbles coaxiaux et des faisceaux hertziens; pour des systèmes à fibres optiques, on doit utiliser 0,005.

- d) Dans des réseaux purement numériques entre abonnés (par exemple, un RNIS), le temps donné au point c) doit être augmenté jusqu'à 3,6 ms si on utilise la transmission en mode rafale (multiplexage par compression dans le temps) sur des lignes d'abonné locales à deux fils.

TABLEAU 1/G.114

Moyen de transmission	Temps de propagation dans un seul sens	Observations
Paire coaxiale terrestre ou faisceau hertzien; transmission MRF et numérique	4 μ s/km	Permet un retard dans les répéteurs et les régénérateurs
Système en câble à fibres optiques; transmission numérique	5 μ s/km	Permet un retard dans les répéteurs et les régénérateurs
Paire coaxiale sous-marine	6 μ s/km	
Voie par satellite à une altitude de 14 000 km à une altitude de 36 000 km	110 ms 260 ms	Seulement entre stations terriennes
Modulateur ou démodulateur de voies MRF	0,75 ms ^{a)}	La moitié du total des temps de propagation dans les deux sens de transmission
Modulateur ou démodulateur de voie à compression-extension MRF	0,5 ms ^{b)}	
Codeur ou décodeur MIC	0,3 ms ^{a)}	
Transcodage MIC-MICDA-MIC	0,5 ms	
Transmultiplexeur	1,5 ms ^{c)}	
Centre numérique de transit, numérique à numérique	0,45 ms ^{d)}	
Centre local numérique, analogique-analogique	1,5 ms ^{d)}	
Centre local numérique, ligne d'abonné analogique-jonction numérique	0,975 ms ^{d)}	
Centre local numérique, ligne d'abonné numérique-jonction numérique	0,825 ms ^{d)}	
Annuleurs d'écho	1 ms ^{e)}	

- ^{a)} Ces valeurs autorisent une distorsion de temps de propagation de groupe autour des fréquences où la puissance vocale est maximale et un retard pour les équipements de multiplexage intermédiaires d'ordre supérieur et les équipements de transfert.
- ^{b)} Cette valeur se rapporte à des équipements MRF conçus pour être utilisés avec un compresseur-étenseur et avec des filtres spéciaux.
- ^{c)} Pour les communications numériques par satellite, où le transmultiplexeur est situé dans la station terrienne, cette valeur peut être portée à 3,3 ms.
- ^{d)} Il s'agit là de valeurs moyennes; selon la charge de trafic, ces valeurs pourront être plus élevées, sans toutefois dépasser, par exemple, 0,75 ms (1,950 ms, 1,350 ms ou 1,250 ms respectivement) dans 95 cas sur 100 (pour plus de détails, voir la Recommandation Q.551).
- ^{e)} Lorsqu'ils sont mis en œuvre, les annuleurs d'écho peuvent augmenter le temps de propagation dans un sens de 1 ms sur le trajet d'émission de chacun de ces dispositifs. Cette valeur ne tient pas compte du retard occasionné par les codecs que peut éventuellement contenir un annuleur d'écho. Aucun retard notable ne devrait être introduit sur le trajet de réception des annuleurs d'écho.

2.3 *Circuits internationaux*

Les circuits internationaux¹ utiliseront des systèmes à grande vitesse de propagation (câbles terrestres ou faisceau hertzien, câbles sous-marins ou systèmes par satellite, par exemple). Les valeurs de planification indiquées au § 2.1 peuvent être utilisées.

Compte tenu de la valeur du temps de propagation moyen dans un sens pour des circuits établis sur des systèmes par satellite à grande altitude, il est souhaitable d'imposer certaines restrictions d'acheminement pour l'utilisation de ces circuits. La Recommandation Q.13 [12] contient des renseignements détaillés sur ces restrictions (voir également l'annexe A).

ANNEXE A

(à la Recommandation G.114)

Problèmes de temps de propagation et d'écho posés par les circuits téléphoniques

A.1 *Introduction*

Les communications internationales (voir la figure 1/G.103 ou la figure 1/G.104) qui font intervenir des câbles sous-marins sont caractérisées par un temps de propagation dans un sens d'environ 170 ms (valeur maximale). La présente annexe traite des problèmes fondamentaux que posent les communications nationales et internationales qui par nature présentent des temps de propagation dans un sens relativement plus élevés.

Dans le cas d'une connexion par satellite à un seul bond, même comprenant une liaison intersatellites de longueur moyenne, le temps de transmission dans un sens ne dépasse pas la limite recommandée de 400 ms. Une analyse approfondie des contributions de temps notamment ajoutées par le traitement numérique du signal (AMRT, CNP, DCME, codage à faible débit de 16 kbit/s ou 32 kbit/s, régénération numérique, commutation par paquets, etc.) conduit cependant à penser que la limite de 400 ms recommandée pour le temps moyen de propagation dans un sens est peut-être inutilement restrictive.

Compte tenu de l'évolution récente des techniques de protection contre l'écho, on pourrait considérer une limite moins rigoureuse. Les Administrations sont invitées à prendre note du caractère évolutif des recherches qui doivent se poursuivre en la matière.

Pour poursuivre l'analyse du problème, il faut rappeler qu'il y a lieu d'étudier deux types d'effets distincts, à savoir la dégradation de la qualité de la parole due à l'écho et les problèmes de conversation qui tiennent au temps de propagation proprement dit (transit). Les systèmes de limitation d'écho, à savoir les supprimeurs et particulièrement les annuleurs d'écho, sont tout indiqués dans le premier cas.

Les circuits du type quatre fils fournissent une bonne approximation des connexions exemptes d'écho, en admettant un couplage acoustique minimal dans le combiné. A long terme, avec le déploiement des RNIS, on peut s'attendre à l'utilisation généralisée des circuits quatre fils. Toutefois, les circuits à deux fils et leurs connexions hybrides, ainsi que d'autres composants générateurs d'écho, resteront sans doute en service pendant quelques années. En conséquence, c'est en dotant les circuits à satellite d'annuleurs d'écho modernes que l'on résoudra le mieux les problèmes d'écho, à condition que les caractéristiques du trajet d'écho à modéliser par l'annuleur d'écho soient linéaires et invariables dans le temps ou qu'elles ne varient que lentement si on les compare à la rapidité de convergence de l'annuleur d'écho.

Nous traiterons brièvement, ci-après, de la mesure du temps de propagation, de l'effet du phénomène sur la qualité offerte par les circuits et des réactions des abonnés.

¹ Pour des liaisons courtes de proximité, des câbles de télécommunications exploités aux fréquences acoustiques peuvent aussi être utilisés dans les conditions de l'introduction de la sous-section 5.4 du fascicule III.2.

A.2 *Effet d'un long temps de propagation sur l'abonné*

A.2.1 *Premières études*

La figure A-1/G.114 montre l'effet qu'exerce un long temps de transmission sur la difficulté de converser qu'éprouve l'abonné. La courbe 1 représente une série d'essais effectués en 1964 et 1965 [5, 8 et autres] alors que l'on étudiait le fonctionnement du premier satellite opérationnel (Early Bird) qui offrait des circuits entre la France, le Royaume-Uni, les Etats-Unis d'Amérique et la République fédérale d'Allemagne. Ces circuits étaient équipés de premières versions de différents supprimeurs d'écho, avaient une certaine quantité de puissance de bruit (environ 20 000 pW0p) et avaient des largeurs de bande différentes sur l'itinéraire du câble TAT-3 (230-3200 Hz) et sur le satellite (170-3400 Hz). La courbe 1 (F/P) montre les résultats de mêmes questions adressées à des abonnés à qui l'on avait demandé d'évaluer la qualité de la communication, sous forme des opinions moyenne ou mauvaise.

On voit, d'après la courbe 1, qu'avec un temps de propagation d'environ 400 ms, plus de 50% des abonnés ont des difficultés à converser. Un niveau de difficulté de 40% correspond à un temps de propagation d'environ 300 ms. Par ailleurs, le pourcentage d'opinions «moyenne ou mauvaise» est de quelque 15% inférieur au pourcentage de difficultés, ce qui peut tenir au fait que certains des abonnés interrogés ont estimé, en dépit des difficultés, que la qualité des signaux vocaux reçus était bonne ou excellente.

Sur la base de ces observations, il a été décidé de retenir comme valeurs-seuils un temps de propagation de 300 ms, la valeur de 400 ms étant le temps maximum acceptable dans une conversation téléphonique internationale, selon les premières versions de la Recommandation G.114.

Il existe des résultats plus anciens. Williams et Moye [30, 31] ont étudié l'effet de l'écho sans limitation sur des conversations passant par des liaisons téléphoniques simulées, avec différentes valeurs de l'affaiblissement d'adaptation pour l'écho et avec des caractéristiques de fréquence uniformes ou modelées sur le trajet d'écho.

Les courbes 2, 5 et 6 montrent les résultats obtenus avec des affaiblissements d'adaptation pour l'écho de 37 dB (modelé), 37 dB (uniforme) et 50 dB (uniforme ou modelé). La courbe 4 montre les résultats d'essais en laboratoire [32] de connexions simulées équipées de supprimeurs d'écho, avec un affaiblissement d'adaptation pour l'écho d'environ 20 dB. Ces résultats ont été obtenus en utilisant un trajet d'écho linéaire et invariable dans le temps.

La figure A-1/G.114 donne aussi quelques résultats récents obtenus avec des circuits à long temps de propagation, mais équipés d'annuleurs d'écho modernes, l'affaiblissement d'adaptation pour l'écho étant d'environ 18 dB [29] (voir le § A.2.3).

Les courbes 2 à 6 (pour lesquelles les méthodes de protection contre l'écho étaient meilleures ou les valeurs de l'affaiblissement d'adaptation pour l'écho étaient plus grandes) montrent que l'effet de plus longs temps de propagation sur les difficultés de la conversation est beaucoup plus faible que ne l'indique la courbe 1, pour laquelle étaient utilisées des versions plus anciennes des supprimeurs d'écho.

D'autres travaux de recherche (résumés dans [33]) effectués au moyen de circuits n'ayant que de «purs» temps de transmission (circuits quatre fils exempts d'écho) ont montré que des temps de propagation moyens dans un sens atteignant 600 ms semblent n'avoir pas d'effet significatif sur les évaluations subjectives des usagers du téléphone.

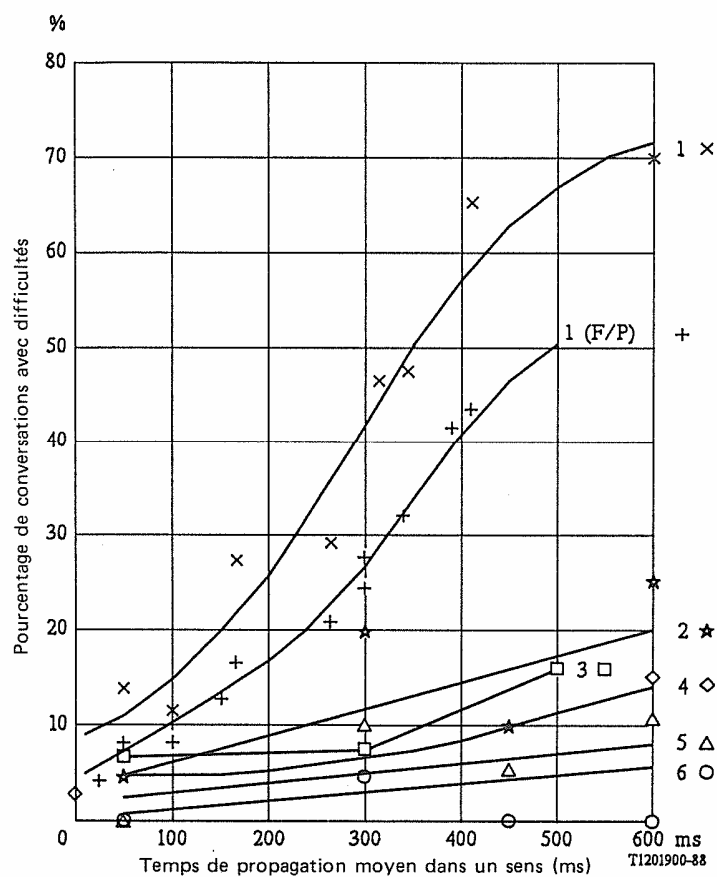


FIGURE A-1/G.114

**Effet d'un long temps de propagation moyen dans un sens
sur les difficultés de la conversation**

Conditions de mesure:

Courbe N°	Protection contre écho	Type de mesure	AAE dB	Bruit de ligne	Bruit de salle db(A)	Réf.
1	SE	Sur le terrain, internationale (1964/65)		20 000 pW0p	—	/5, 8/
2	—	En laboratoire (1970)	37 (model.)	− 61,5 dBmp	50	/30, 31/
3	AE	Sur le terrain, nationale (1987)	18	—	—	/29/
4	SE	En laboratoire (1970)	> 20	− 50 dBm0p	50	/32/
5	—	En laboratoire (1970)	37 (uniforme)	− 61,5 dBmp	50	/30, 31/
6	—	En laboratoire (1970)	50	− 61,5 dBmp	50	/30, 31/

SE Suppresseur d'écho

AE Annuleur d'écho

FIGURE A-1/G.114

**Effet d'un long temps de propagation moyen dans un sens
sur les difficultés de la conversation**

A.2.2 Etudes ultérieures

Les techniques ayant progressé, il a été possible d'améliorer la conception et le fonctionnement des annuleurs d'écho [16, 19], et Helder et Lopiparo [20], DiBiasco [21], Post et Silverthorn [22], ainsi que d'autres chercheurs, ont alors procédé à plusieurs séries d'expériences en vue d'évaluer le fonctionnement subjectif des supprimeurs et annuleurs d'écho sur des circuits à satellite et des circuits terrestres aux Etats-Unis d'Amérique, au Canada et dans d'autres réseaux nationaux à satellite.

Helder et Lopiparo [20] ont communiqué les résultats d'une série d'essais portant sur plusieurs circuits terrestres, circuits à satellite sur un demi-bond² et circuits à satellite sur un bond réalisés aux Etats-Unis en 1976 et 1977. Le rapport établi par DiBiasco [21] repose sur l'étude des résultats d'essais et d'évaluations subjectives de systèmes de limitation d'écho effectués pendant la période 1975-77 par la société AT&T (American Telephone and Telegraph Company) et d'autres organismes sur le réseau national à satellite des Etats-Unis d'Amérique (COMSTAR), avec des supprimeurs analogiques, des supprimeurs numériques [23] et des annuleurs d'écho expérimentaux [24-25] respectivement dans le cas de liaisons terrestres, de liaisons par satellite sur un demi-bond et de liaisons par satellite sur un bond et deux bonds. Un autre document donne le détail des essais [26]. La figure A-2/G.114 résume ces résultats exprimés en pourcentage de communications définies comme inacceptables, dans les divers cas mentionnés. Ce graphique fait apparaître les améliorations que l'on peut obtenir en utilisant un supprimeur et un annuleur d'écho numériques respectivement sur la connexion «demi-bond» et la connexion à un bond: dans les deux cas, le fonctionnement est pour ainsi dire équivalent à celui d'un circuit terrestre doté d'un supprimeur d'écho. En variant les critères de fonctionnement et de qualité, en se référant par exemple au pourcentage de communications achevées prématurément ou au pourcentage de nouvelles tentatives de communication ou encore au pourcentage de communications dans le cadre desquelles il est nécessaire de demander assistance à l'opérateur, on parvient à des conclusions fondamentalement analogues.

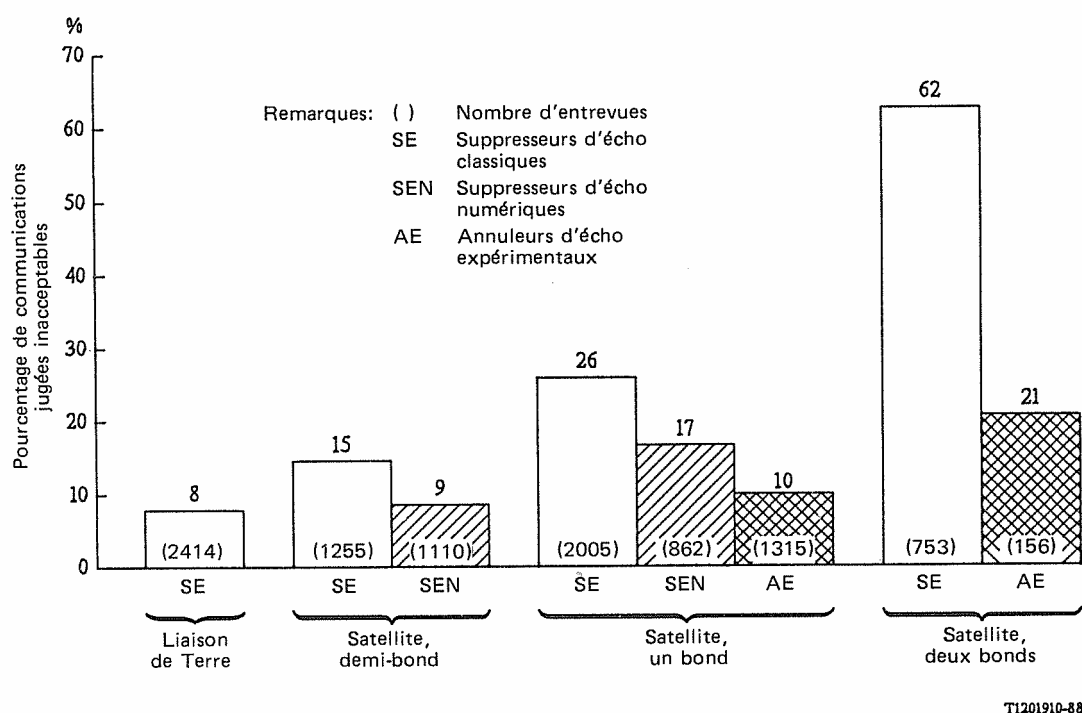


FIGURE A-2/G.114

Réaction des usagers en fonction du système de limitation d'écho utilisé, circuit national à satellite

² Une liaison sur un demi-bond s'entend d'une configuration dans laquelle la liaison d'aller est assurée par satellite et la liaison de retour par des moyens terrestres (ou inversement).

En 1978, Post et Silverthorn [22] ont réalisé une série d'essais d'évaluation portant sur neuf conditions expérimentales: il s'agissait d'étudier divers systèmes de limitation d'écho sur le réseau à satellite canadien (TCTS – Trans-Canada Telephone System) et certaines liaisons terrestres. La figure A-3/G.114 résume une partie des résultats ainsi obtenus, exprimés en pourcentage d'évaluations subjectives de circuits à satellite dotés d'annuleur d'écho de liaisons terrestres et de circuits à satellite dotés de systèmes de suppression d'écho, selon une échelle qualitative (excellent, bon, moyen ou mauvais). La figure A-4/G.114 résume les résultats d'une série d'essais analogues effectués sur des réseaux nationaux et internationaux à satellite et de liaisons terrestres [22]. Ces résultats montrent que le fonctionnement de circuits à satellite équipés d'annuleurs d'écho et de circuits terrestres établis sur de longues distances et dotés de supprimeurs d'écho ont un fonctionnement quasi équivalent. Il apparaît également que les supprimeurs d'écho offrent des résultats moins intéressants que les annuleurs d'écho sur les circuits à satellite. En conséquence, les supprimeurs d'écho ne sont pas considérés comme optimaux dans le cas de liaisons par satellite: seuls les annuleurs d'écho sont recommandés. Pour les applications terrestres, l'amélioration procurée par un annuleur d'écho sera sans doute marginale; d'ailleurs, des considérations d'ordre économique pourront dicter l'utilisation de supprimeurs d'écho sur les liaisons terrestres.

Toutes ces observations permettent de conclure que les problèmes rencontrés par les usagers des réseaux téléphoniques à satellite tiennent essentiellement à des pertes de qualité liées aux phénomènes d'écho et au temps de propagation. Cette perte de qualité peut être limitée de façon adéquate avec des annuleurs d'écho, qui permettent d'obtenir sur une connexion par satellite à simple bond des résultats pour ainsi dire équivalents à ceux d'une liaison terrestre [27-28].

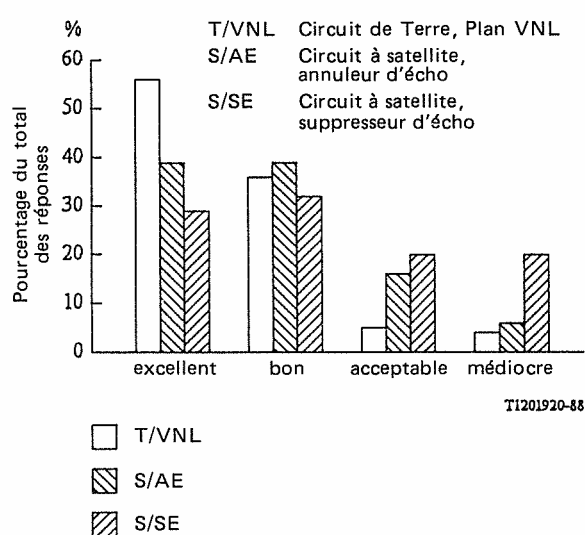


FIGURE A-3/G.114

**Répartition des réactions,
sur la ligne Toronto-Halifax**

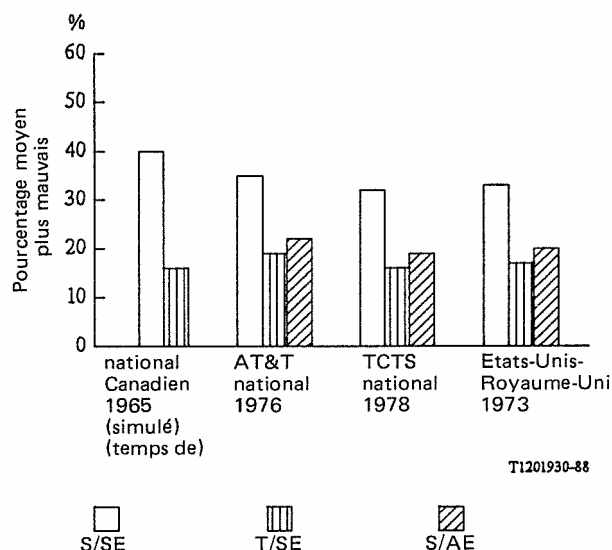


FIGURE A-4/G.114

**Evaluation des usagers
communications établies par satellite,
période 1965-1987**

A.2.3 Etudes récentes et futures

Aux Etats-Unis d'Amérique, la COMSAT (Communications Satellite Corporation) a procédé en 1987 à une série d'essais visant à déterminer l'efficacité des systèmes d'annulation d'écho sur les circuits terrestres et les circuits à satellite, avec des dispositifs conformes à la Recommandation G.165 et selon la procédure définie à l'annexe A de la Recommandation P.77. Les détails de ces recherches ont été communiqués récemment [29] et la courbe 3 de la figure A-1/G.114 en résume les résultats: le pourcentage de difficulté est représenté en fonction du temps de propagation moyen dans un sens. Une valeur de 45 ms sur un circuit terrestre a été prise comme référence, et l'on a évalué l'effet de l'accroissement du temps de propagation, de 300 à 500 ms, sur les circuits terrestres et les liaisons par satellite.

D'après les résultats de l'étude effectuée par la COMSAT, on peut conclure que le «pourcentage de difficulté» ne varie pas sensiblement entre 45 et 300 ms. A 500 ms, le pourcentage de difficulté double approximativement (de 7,3 à 15,8%), mais cette valeur est encore sensiblement inférieure aux résultats précédemment obtenus, qui dépassaient 60% [13].

Les résultats récemment obtenus conduisent à penser que des temps de propagation quelque peu supérieurs à 400 ms pourraient être acceptables sur des connexions équipées d'annuleurs d'écho conformes aux spécifications de la

Recommandation G.165 ou équipées d'autres dispositifs d'efficacité équivalente; cela pourrait permettre un traitement du signal sur une liaison intersatellites de longueur moyenne sans perte de qualité sensible.

D'autres essais, mesures et évaluations subjectives de fonctionnement avec les derniers modèles d'annuleurs d'écho sur des liaisons à satellite permettront sans doute de déterminer, le cas échéant, dans quelle mesure il serait possible d'améliorer encore ces résultats.

A.3 *Résumé et conclusions*

La meilleure façon d'analyser les dégradations de la transmission associées aux circuits à long temps de propagation est de considérer séparément la dégradation due à l'écho et la difficulté subjective inhérente à ce temps de propagation. Comme les études précitées le montrent, il est évident que les supprimeurs d'écho (avec une sensibilité fixe d'intervention) utilisés dans les circuits par satellite sont beaucoup moins efficaces que les annuleurs d'écho. L'efficacité de ces derniers, en ce qui concerne la limitation de l'effet d'écho et des pertes de qualité connexes, est suffisante pour garantir une qualité de fonctionnement élevée ou acceptable sur un circuit par satellite à long temps de propagation. L'amélioration du fonctionnement des annuleurs d'écho et des circuits par satellite associés se poursuit. Dans ces conditions, les problèmes dominants ne sont posés que par le temps de propagation proprement dit.

Un certain nombre d'études récentes et en cours donnent à penser qu'il sera possible de mettre au point et d'utiliser des systèmes d'annulation d'écho encore plus efficaces. L'application des techniques d'intégration à très grande échelle est également envisageable, et permettra sans doute d'abaisser sensiblement le coût des annuleurs d'écho destinés aux circuits à satellite. Ainsi, avec des dispositifs plus appropriés, le temps de propagation relativement plus important des connexions internationales ne devrait pas provoquer de perte de qualité ou d'efficacité dans les voies, contrairement à ce que l'on avait conclu des premières séries d'essais effectués soit sans dispositif de protection contre l'écho, soit avec des supprimeurs d'écho à seuil d'intervention fixe. Il apparaît donc que l'utilisation appropriée d'annuleurs d'écho permet d'établir des connexions internationales ou nationales par satellite offrant une qualité de fonctionnement pour ainsi dire équivalente à celle des connexions terrestres en téléphonie. Les résultats jusqu'ici obtenus ne concernent que l'écho électrique et l'effet de l'écho acoustique doit faire l'objet de recherches supplémentaires (voir la remarque 5 de la Question 27/XII).

Références

- [1] *Livre rouge du CCITT, tome V bis, annexe E (Etats-Unis), UIT, Genève, 1965.*
- [2] *Ibid., annexe F (Royaume-Uni).*
- [3] *Ibid., annexe 4 à la Question 6/XII (Italie).*
- [4] *Livre rouge du CCITT, tome V, suppléments nos 1 à 6, UIT, Genève, 1985.*
- [5] BARSTOW (J. M.): Results of user reaction tests on communication via Early Bird satellite, *Progress in Astronautic Aeronautics*, 19, 1966, Academic Press, New York et Londres.
- [6] HELDER (G. K.): Customer evaluation of telephone circuits with delay, *Bell System Technical Journal*, 45, septembre 1966, pp. 1157-1191.
- [7] RICHARDS (D. L.): Transmission performance of telephone connections having long propagation times, *Het PTT-Bedrijf*, XV, no 1/2, mai 1967, pp. 12-24.
- [8] KARLIN, (J. E.): Measuring the acceptability of long delay transmission circuits used during the *Early Bird* transatlantic tests in 1965, *Het PTT-Bedrijf*, mai 1967, pp. 25-31.
- [9] DE JONG (C.): Observations on telephone calls between the Netherlands and the USA, *Het PTT-Bedrijf*, mai 1967, pp. 32-36.
- [10] HUTTER (J.): Customer response to telephone circuits routed via a synchronous-orbit satellite, *POEEJ*, tome 60, octobre 1967, p. 181.
- [11] Recommandation du CCITT *Caractéristiques d'un demi-supprimeur d'écho différentiel commandé à distance*, Livre bleu, tome III, Rec. G.161, UIT, Genève, 1965.
- [12] Recommandation du CCITT *Plan d'acheminement international*, tome VI, Rec. Q.13.
- [13] Recommandation du CCITT *Temps de propagation moyen dans un sens*, Livre rouge, tome III, Rec. G.114, UIT, Malaga-Torremolinos, 1984.
- [14] Rapport du CCIR *Influence du temps de propagation dans le service fixe par satellite*, tome IV, pp. 29-37, Rapport 383-4, UIT, Genève, 1982.

- [15] DECKER (H.): Die für lange Fernsprechleitungen Zulässige Übertragungszeit, *Europäischer Fernsprechdienst*, 19832, Heft no 8, 1931, pp. 133-135.
- [16] SONDHI (M. M.): An Adaptive Echo Canceller, *Bell Systems Technical Journal*, tome 46, mars 1967, pp. 497-511.
- [17] CAMPANELLA (S. J.), SUYDERHOUD (H. G.) et ONUFRY (M.): Analysis of an Adaptive Impulse Response Echo Canceller, *COMSAT Technical Review*, tome 2, no 1, Spring 1972, pp. 1-36.
- [18] SUYDERHOUD (H. G.), CAMPANELLA (S.) et ONUFRY (M.): Results and Analysis of Worldwide Echo Canceller Field Trial, *COMSAT Technical Review*, tome 5, no 2, Fall 1975, pp. 253-273.
- [19] HORNA (O. A.): Echo Canceller with Adaptive Transversal Filter Utilizing Pseudo-logarithmic Coding, *COMSAT Technical Review*, tome 7, no 2, Fall 1977, pp. 393-428.
- [20] HELDER (G. K.) et LOPIPARO (P. C): Improving Transmission on Domestic Satellite Circuits, *Bell Laboratories Record*, tome 55, no 8, octobre 1977, pp. 202-207.
- [21] DIBIASO (L. S.): Satellite User Reaction Tests: A subjective Evaluation of Echo Control Methods, *National Telecommunications Conference Record*, tome 3, 1979, pp. 43.6.1-43.6.6.
- [22] POST (J. A.) et SILVERTHORN (R. D.): Results of a Subjective Comparison of Echo Control Devices in Terrestrial and Satellite Trunks, *National Telecommunications Conference Record*, tome 3, 1979, pp. 48.4.1-48.4.5.
- [23] CCITT – Contribution COM XV-no 86 (annexe II de la Question 10/XV), janvier 1978.
- [24] DUTTWEILER (D. L.): A Twelve-Channel Digital Echo Canceller, *IEEE Transactions on Communication*, tome COM-26, no 5, mai 1978.
- [25] Recommandation G.165 du CCITT relative aux annuleurs d'écho.
- [26] CCITT – Contribution COM XII-No 165 (également COM XV-No 112), juin 1979.
- [27] CCITT – Contribution COM XVI-No 65, période d'études 1973-1976.
- [28] CCITT – Contribution COM XII-No 154, avril 1979.
- [29] CCITT – Contribution COM XII-No 177 – Groupe de travail XII/3, juin 1987.
- [30] WILLIAMS (G.): Subjective evaluation of unsuppressed echo in simulated long delay telephone communications. *Proc. 5e Internat. Sympos. Human Factors in Telecomm.*, Londres, 1970, communication 2.2.
- [31] WILLIAMS (G.) et MOYE (L. S.): Subjective evaluation of unsuppressed echo in simulated long delay telephone communications. *Proc. IEE* 118 (1971), no 3/4, pp. 401-408.
- [32] HUTTER (J.): The effect of echo suppressors and echo return loss on the performance of circuits having a long propagation time. *Post Office Research Department Report* no 153, 1970.
- [33] CCITT – Contribution COM XII-No 199, période d'études 1984-1988.

Bibliographie

- SETZER (R.): Echo Control for RCA Americom Satellite Channels, *RCA Engineer*, tome 25, n° 1, juin-juillet 1979, pp. 72-76.
- YAMAMOTO (S.) *et al.*: Adaptive Echo Canceller with Linear Predictor, *Trans. Inst. Electron. Commun. Eng. Japan*, tome E62, n° 12, décembre 1979, pp. 851-857.
- WEHRMANN (R.), VAN DER LIST (J.) et MEISSNER (P.): Noise-Insensitive Compromise Gradient Method for the Adjustment of Adaptive Echo Canceller, *IEEE Trans. Communication*, tome COM-28, n° 5, mai 1980, pp. 753-759.
- CAVANAUGH (J. R.), HATCH (R. W.) et NEIGH (J. L.): Model for the Subjective Effects of Listner Echo on Telephone Connections, *Bell Systems Technical Journal*, tome 59, n° 6, juillet-août 1980, pp. 1009-1060.
- SONDHI (M. M.) et BERKLEY (D. A.): Silencing Echoes on the Telephone Network, *Proc. IEEE*, tome 68, n° 8, août 1980, pp. 948-963.
- DUTTWEILER (D. L.): Bell's Echo-Killer Chip, *IEEE Spectrum*, tome 17, n° 10, octobre 1980, pp. 34-37.

MEISSNER (P.), WEHRMANN (R.) et VAN DER LIST (J.): Comparative Analysis of Kalman and Gradient Methods for Adaptive Echo Cancellation, *AEU Arch Elektron Uebertrag Electron Commun.*, tome 34, n° 12, décembre 1980, pp. 485-492.

HORNA (O. A.): Extended Range Echo Cancellers, *Proceedings of IEEE SOUTHEASTCON Regional Conf.* 81, Huntsville, 5-8 avril, 1981, pp. 846-853.

FURUYA (N.) *et al.* : High Performance Custom VLSI Echo Cancellor, *IEEE International Conference on Communications*, Chicago, 23-26 juin 1985, pp. 46.1.1-46.1.7.

ITO (Y.), MARUYAMA (Y.) et FURUYA (N.): An Acoustic Echo Cancellor for Teleconferencing, *ibid*, pp. 1498-1502.

CIOFFI (J. M.) et KAILATH (T.): An Efficient, RLS, Data Driven Echo Cancellor for Fast Initialization of Full-Duplex Data Transmission, *ibid*, pp. 1503-1507.

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE G

SYSTÈMES ET SUPPORTS DE TRANSMISSION, SYSTÈMES ET RÉSEAUX NUMÉRIQUES

CONNEXIONS ET CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX	
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
SYSTÈMES INTERNATIONAUX ANALOGIQUES À COURANTS PORTEURS	
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES COMMUNES À TOUS LES SYSTÈMES ANALOGIQUES À COURANTS PORTEURS	
Définitions et considérations générales	G.210–G.219
Recommandations générales	G.220–G.229
Équipements de modulation communs aux divers systèmes à courants porteurs	G.230–G.239
Emploi de groupes primaires, secondaires, etc.	G.240–G.299
CARACTÉRISTIQUES INDIVIDUELLES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX À COURANTS PORTEURS SUR LIGNES MÉTALLIQUES	
Systèmes à courants porteurs sur paires symétriques non chargées, organisés en groupes primaires et secondaires	G.320–G.329
Systèmes à courants porteurs sur paires coaxiales de 2,6/9,5 mm	G.330–G.339
Systèmes à courants porteurs sur paires coaxiales de 1,2/4,4 mm	G.340–G.349
Recommandations complémentaires relatives aux systèmes en câble	G.350–G.399
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX HERTZIENS OU À SATELLITES ET INTERCONNEXION AVEC LES SYSTÈMES SUR LIGNES MÉTALLIQUES	
Recommandations générales	G.400–G.419
Interconnexion de faisceaux avec les systèmes à courants porteurs sur lignes métalliques	G.420–G.429
Circuits fictifs de référence	G.430–G.439
Bruit de circuit	G.440–G.449
COORDINATION DE LA RADIODÉLÉPHONIE ET DE LA TÉLÉPHONIE SUR LIGNES	
Circuits radiotéléphoniques	G.450–G.469
Liaisons avec les stations mobiles	G.470–G.499
EQUIPEMENTS DE TEST	
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	
Généralités	G.600–G.609
Paires symétriques en câble	G.610–G.619
Câbles terrestres à paires coaxiales	G.620–G.629
Câbles sous-marins	G.630–G.649
Câbles à fibres optiques	G.650–G.659

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

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	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, de télégraphie, de télécopie, circuits téléphoniques 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 informatiques généraux des systèmes de télécommunication