



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

G.126

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

(03/93)

**SYSTÈMES ET SUPPORTS DE TRANSMISSION
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES SYSTÈMES
NATIONAUX FAISANT PARTIE DE CONNEXIONS
INTERNATIONALES**

**ÉCHO POUR LA PERSONNE QUI ÉCOUTE
DANS LES RÉSEAUX TÉLÉPHONIQUES**

Recommandation UIT-T G.126

(Antérieurement «Recommandation du CCITT»)

AVANT-PROPOS

L'UIT-T (Secteur de la normalisation des télécommunications) est un organe permanent de l'Union internationale des télécommunications (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.

La Conférence mondiale de normalisation des télécommunications (CMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes que les Commissions d'études de l'UIT-T doivent examiner et à propos desquels elles doivent émettre des Recommandations.

La Recommandation UIT-T G.126, élaborée par la Commission d'études XII (1988-1993) de l'UIT-T, a été approuvée par la CMNT (Helsinki, 1-12 mars 1993).

NOTES

1 Suite au processus de réforme entrepris au sein de l'Union internationale des télécommunications (UIT), le CCITT n'existe plus depuis le 28 février 1993. Il est remplacé par le Secteur de la normalisation des télécommunications de l'UIT (UIT-T) créé le 1^{er} mars 1993. De même, le CCIR et l'IFRB ont été remplacés par le Secteur des radiocommunications.

Afin de ne pas retarder la publication de la présente Recommandation, aucun changement n'a été apporté aux mentions contenant les sigles CCITT, CCIR et IFRB ou aux entités qui leur sont associées, comme «Assemblée plénière», «Secrétariat», etc. Les futures éditions de la présente Recommandation adopteront la terminologie appropriée reflétant la nouvelle structure de l'UIT.

2 Dans la présente Recommandation, le terme «Administration» désigne indifféremment une administration de télécommunication ou une exploitation reconnue.

© UIT 1994

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	Introduction et champ d'application.....	1
2	Définitions.....	1
3	Effets de l'écho pour la personne qui écoute	3
3.1	Considérations générales	3
3.2	Effets sur la transmission de la parole	3
3.3	Effet sur la transmission de données dans la bande vocale.....	4
3.4	Effet de l'écho à la réception dans une connexion en boucles à quatre fils multiples.....	4
4	Limites de l'écho à la réception	5
4.1	Transmission téléphonique	5
4.2	Transmission de données dans la bande vocale	5
	Références	7

ÉCHO POUR LA PERSONNE QUI ÉCOUTE DANS LES RÉSEAUX TÉLÉPHONIQUES

(Helsinki, 1993)

1 Introduction et champ d'application

Une connexion téléphonique entre deux abonnés dans les réseaux téléphoniques contient généralement une ou plusieurs boucles à 2-4-2 fils (ci-après désignées par le terme «boucles à 4 fils»), car elle peut passer par une combinaison de systèmes de commutation et de transmission analogiques et numériques à 2 et à 4 fils, y compris des commutateurs privés. Il peut se produire des réflexions de signal à la suite de défauts d'adaptation d'impédance aux deux coupleurs hybrides qui terminent une boucle à 4 fils. Une partie du signal principal peut donc se réfléchir à l'extrémité lointaine de la boucle à 4 fils, revenir à l'extrémité proche et se réfléchir à nouveau. Le signal retardé est appelé écho pour la personne qui écoute.

Les signaux d'écho pour la personne qui écoute peuvent:

- causer un «son caverneux» préjudiciable dans la transmission téléphonique; et
- dégrader le taux d'erreur sur les bits de la transmission de données dans la bande vocale.

L'effet de l'écho pour la personne qui écoute sur la qualité de la transmission peut être caractérisé par l'affaiblissement et le temps de transmission supplémentaires du trajet d'écho pour la personne qui écoute par rapport au trajet de signal direct. La valeur minimale de l'affaiblissement du trajet d'écho supplémentaire pour la personne qui écoute dans la bande de fréquences considérée assure une marge contre la distorsion due à l'amorçage d'oscillations. La Recommandation G.122 donne des indications sur l'influence des réseaux nationaux sur la stabilité et l'écho pour la personne qui parle dans les connexions internationales. La présente Recommandation fournit des directives de planification pour l'écho à la réception dans les réseaux téléphoniques afin d'obtenir une qualité satisfaisante de transmission de la parole et de données dans la bande vocale.

2 Définitions

Pour les besoins de la présente Recommandation, les définitions suivantes s'appliquent:

2.1 écho à la réception: écho dû à la double réflexion des signaux, qui gêne la réception ou perturbe les équipements de réception de données dans la bande vocale, etc.

NOTES

1 En anglais, certaines Administrations préfèrent l'expression «receive end echo» à «listener echo».

2 Avec un temps de propagation faible par rapport au signal utile (inférieur à environ 3 ms), l'écho à la réception peut provoquer un son caverneux en téléphonie. Lorsque des signaux de données sont transmis dans la bande des fréquences vocales, l'écho à la réception peut entraîner des erreurs sur les bits et de toute façon réduire la marge de protection contre d'autres brouillages.

2.2 affaiblissement de l'écho à la réception: degré d'affaiblissement du signal ayant subi une réflexion double par rapport au signal utile. Par rapport à l'affaiblissement absolu des deux signaux, l'affaiblissement de l'écho à la réception est donné par la formule (voir la Figure 1/G.100): $LE = L_2 - L_1$.

NOTE – En pratique, l'affaiblissement de l'écho à la réception est égal à l'affaiblissement en boucle ouverte (à condition que ce dernier dépasse 8 dB). L'affaiblissement de l'écho à la réception caractérise le degré de dégradation par son caverneux ainsi que l'effet perturbateur sur les récepteurs de modems pour données transmises dans la bande des fréquences vocales.

2.3 son caverneux: distorsion causée en téléphonie par des signaux à réflexion double et perçue subjectivement comme un «son caverneux», c'est-à-dire comme si la personne qui parle se trouvait dans un endroit qui résonne.

NOTE – Le son caverneux ne doit pas être confondu avec l'écho à la réception.

2.4 affaiblissement en boucle ouverte (OLL) (*open-loop loss*): dans une boucle formée par un circuit à quatre fils (ou par deux ou plusieurs circuits à quatre fils connectés en cascade) et terminée par deux extrémités à deux fils (c'est-à-dire avec des «termineurs à quatre fils» à chaque extrémité), affaiblissement mesuré en interrompant la boucle en un point quelconque, en injectant un signal et en mesurant l'affaiblissement observé sur le parcours de la boucle ouverte. Toutes les conditions d'impédance doivent être maintenues constantes pendant la mesure (voir la Figure 2/G.100).

NOTES

- 1 En pratique, l'OLL est égal à l'affaiblissement de l'écho à la réception.
- 2 L'OLL est aussi égal à la somme des deux affaiblissements en demi-boucle associés à une boucle.

2.5 affaiblissement du trajet a-t-b; affaiblissement en demi-boucle: affaiblissement de transmission entre les points «a» et «b» de la terminaison à quatre fils (définie aux points de commutation virtuels), qu'il existe ou non un point physique «t».

2.5.1 Autre possibilité pour la définition du paragraphe 2.5

Affaiblissement en demi-boucle

Dans un arrangement comprenant un circuit à quatre fils (ou plusieurs circuits à quatre fils connectés en cascade) avec couplage perturbateur dans le sens aller et le sens retour aux extrémités du circuit – en général par l'intermédiaire d'un termineur à quatre fils ou d'un couplage acoustique – affaiblissement mesuré entre l'entrée et la sortie. Voir la Figure 3/G.100.

NOTES

- 1 L'affaiblissement en demi-boucle est une grandeur importante pour la détermination de l'affaiblissement d'équilibrage pour l'écho, de l'affaiblissement d'écho, de l'affaiblissement de l'écho à la réception, etc. (voir aussi affaiblissement en boucle ouverte).
- 2 On peut établir une distinction entre l'affaiblissement en demi-boucle d'un élément donné d'équipement et l'affaiblissement en demi-boucle d'un système national. Ce dernier est mesuré en des points d'un même niveau dans un ISC qui sert de commutateur tête de ligne national.

2.6 marge d'amorçage d'oscillations (SM) (*singing margin*): affaiblissement minimal de l'écho à la réception dans la bande de fréquences considérée.

2.7 temps de propagation aller-retour (DL) (*round-trip delay*): temps de propagation en ms autour de la boucle fermée à 4 fils déterminé essentiellement par le temps de propagation dans les deux sens du trajet de transmission à 4 fils qui est égal au temps de transmission du trajet d'écho à la réception.

2.8 affaiblissement du trajet d'écho pondéré pour la personne qui écoute (WEPL) (*weighted listener echo path loss*); affaiblissement d'écho pondéré pour la personne qui écoute: le WEPL est une moyenne pondérée de l'affaiblissement d'écho pour la personne qui écoute exprimée par l'équation suivante:

$$\text{WEPL} = -20 \log_{10} \frac{1}{3200} \int_{200}^{3400} 10^{-\frac{\text{EPL}(f)}{20}} df$$

où

EPL(*f*) = grandeur de l'affaiblissement d'écho pour la personne qui écoute en décibels à la fréquence *f*.

Ce concept a été initialement utilisé en Amérique du Nord dans le modèle d'indice de transmission que l'on peut utiliser pour calculer les effets subjectivement équivalents de l'écho à la réception sur la qualité de la transmission téléphonique, quelle que soit la réponse en fréquence de l'affaiblissement d'écho à la réception dans la connexion.

3 Effets de l'écho pour la personne qui écoute

3.1 Considérations générales

La Figure 1 représente une connexion avec une boucle à 4 fils. On admet que l'affaiblissement du trajet direct est de S dB, alors que l'affaiblissement le long du trajet du signal doublement réfléchi est de L dB. L'affaiblissement d'écho pour la personne qui écoute est alors de $(L - S)$ dB. On voit d'après la Figure 1 que si les signaux ne sont réfléchis que deux fois, l'affaiblissement d'écho pour la personne qui écoute LE est égal à l'affaiblissement autour de la boucle à 4 fils (affaiblissement en boucle ouverte, OLL), car les autres affaiblissements du trajet sont identiques pour les signaux directs et les signaux réfléchis. Le temps de propagation supplémentaire des signaux réfléchis deux fois est lui aussi égal au temps de propagation autour de la boucle à 4 fils DL, lequel est déterminé essentiellement par le temps de propagation aller-retour du trajet de transmission à 4 fils.

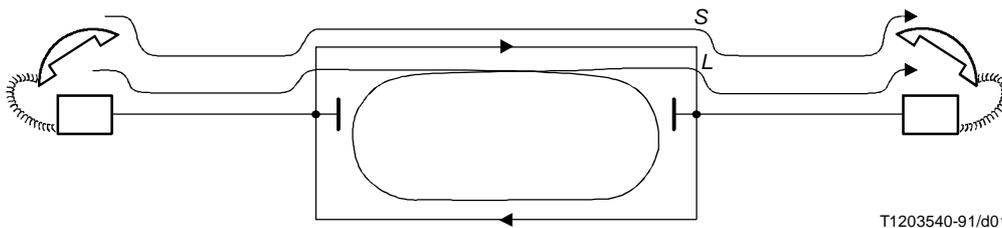


FIGURE 1/G.126

Echo pour la personne qui écoute

On peut mesurer l'affaiblissement autour de la boucle en coupant la boucle à 4 fils en un point, en injectant un signal et en mesurant l'affaiblissement obtenu au moment de traverser la boucle ouverte. Pendant les mesures, il faut que toutes les conditions d'impédance de la boucle fermée restent inchangées aux extrémités à 2 fils. La grandeur mesurée est l'affaiblissement en boucle ouverte (OLL). L'OLL est, en outre, égal à la somme des deux affaiblissements en demi-boucle (SLL) associés à la boucle à 4 fils. Pour des raisons pratiques, il sera plus commode de faire des mesures des demi-boucles, surtout dans le cas de commutateurs à 4 fils munis de terminaisons de circuit à 2 fils, étant donné qu'il est parfois difficile de maintenir une connexion dans un commutateur à 4 fils et d'interrompre un sens de transmission. La définition de l'affaiblissement en demi-boucle (SLL) et sa mesure sont illustrées sur la Figure 3/G.100.

3.2 Effets sur la transmission de la parole

Les effets de l'écho pour la personne qui écoute sur la transmission de la parole dépendront de l'affaiblissement en boucle ouverte (OLL) et du temps de propagation aller-retour (LE). Il convient de noter que, en général, l'écho pour la personne qui écoute consiste en une série de signaux réfléchis deux fois, quatre fois, etc. et donc que le LE et l'OLL ne sont en principe pas égaux. Cependant, dans la pratique, on peut considérer que le LE et l'OLL sont égaux lorsque l'OLL dépasse 8 dB.

Les résultats de certaines expériences montrent que les effets de l'écho pour la personne qui écoute sur la qualité de transmission de la parole sont réduits lorsque l'OLL est supérieur à 10 dB, avec un temps de propagation aller-retour inférieur à 10 ms [1].

Etant donné que l'affaiblissement d'écho pour la personne qui écoute (ou l'OLL) est généralement formé avec la fréquence et que la valeur minimale de l'OLL (marge d'amorçage, SM) est généralement observée à la limite de la bande des fréquences vocales, on peut admettre que l'OLL est une marge contre l'instabilité mais qu'il ne constitue pas la mesure optimale pour évaluer la qualité subjective d'une connexion tendant à l'amorçage [2]. Les résultats d'expérience signalés dans le Supplément n° 3, tome V, du *Livre bleu* du CCITT indiquent que la valeur pondérée de l'OLL dans la bande des fréquences vocales est plus appropriée pour évaluer l'effet de l'écho à la réception sur la qualité de transmission vocale. Sur la base du modèle d'indice de transmission décrit dans le Supplément n° 3 du tome V, on peut utiliser l'indice de qualité de transmission pour évaluer l'effet de l'écho à la réception combiné avec les autres facteurs de dégradation dans la connexion sur la qualité subjective de la transmission de la parole.

3.3 Effet sur la transmission de données dans la bande vocale

L'écho pour la personne qui écoute cause des ondulations dans la réponse en fréquence du signal reçu dans la bande vocale et dégrade le taux d'erreur sur les bits. Afin d'obtenir une qualité de transmission satisfaisante, il faut que la valeur de l'OLL dans la bande de 500 à 2500 Hz soit plus élevée que pour la transmission téléphonique dans la bande 300-3400 Hz car la transmission de données dans la bande vocale a des exigences de qualité plus grandes. En outre, compte tenu du fait que le taux d'erreur des données dans la bande vocale ne semble pas dépendre du temps de transmission, on peut ne pas prendre en considération le facteur temps de transmission aller-retour lorsqu'on caractérise les effets de l'écho à la réception sur la qualité de transmission de données dans la bande vocale. Les résultats de certaines expériences montrent que l'OLL requis pour une transmission de données satisfaisante dépend essentiellement de la vitesse de transmission des données, mais parfois aussi du type de modem [3].

3.4 Effet de l'écho à la réception dans une connexion en boucles à quatre fils multiples

S'il y a plus d'une boucle à quatre fils dans une connexion, plusieurs signaux réfléchis s'additionneront à l'extrémité de réception, comme indiqué sur la Figure 2 (pour simplifier, les réflexions d'ordre supérieur n'ont pas été indiquées).

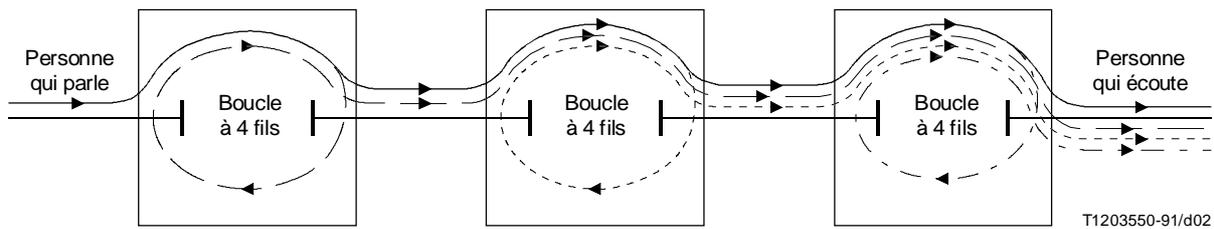


FIGURE 2/G.126

Réflexions du signal dans une connexion en boucles à quatre fils multiples

Dans une connexion en boucles à 4 fils multiples, l'effet de l'écho à la réception sur la qualité de la transmission dépend non seulement de l'OLL de chaque boucle à 4 fils mais aussi de l'affaiblissement dans un sens de chaque boucle à 4 fils et de l'affaiblissement du circuit à 2 fils entre les boucles à 4 fils adjacentes. L'affaiblissement dans un sens des boucles à 4 fils et l'affaiblissement du circuit à 2 fils régissent l'interaction entre les boucles à 4 fils [4].

En raison des dégradations accumulées et des interactions, il faut que l'OLL de chaque boucle à 4 fils dans une connexion en boucles à 4 fils multiples soit beaucoup plus élevé que dans une seule connexion à 4 fils pour obtenir la même qualité de transmission. Dans une connexion en boucles à 4 fils multiples, l'effet de l'écho à la réception sur la transmission de données dans la bande vocale est extrêmement important. Les références [4] et [5] illustrent la relation entre l'accumulation de tension et l'accumulation de puissance des échos à la réception dans une connexion en boucles à 4 fils multiples. En général, il faut admettre implicitement des échos sans corrélation pour des connexions en boucles à 4 fils multiples et utiliser le critère d'addition de puissance pour obtenir une qualité de transmission satisfaisante. Cela signifie que l'OLL nécessaire pour chaque boucle à 4 fils doit être augmenté de $10 \log m$ dB, formule où m est le nombre total de boucles à 4 fils. Cependant, pour des connexions à affaiblissement très faible, l'accroissement nécessaire pour l'OLL de chaque boucle à 4 fils peut être de $16,6 \log m$ dB et, pour les connexions à affaiblissement intermédiaire, il peut être nécessaire d'ajouter $13,3 \log m$ dB.

4 Limites de l'écho à la réception

4.1 Transmission téléphonique

Le degré selon lequel l'écho à la réception influence la qualité d'une connexion téléphonique dépend de deux facteurs:

- 1) l'affaiblissement du trajet d'écho pondéré pour la personne qui écoute (WEPL) (*weighted listener echo path loss*) à la réception; et
- 2) le temps de transmission aller et retour.

La qualité de transmission se dégrade lorsqu'on réduit le WEPL et qu'on augmente le temps de transmission aller et retour. Voir 2.8 pour la définition du WEPL. Le planificateur en matière de transmission doit choisir des valeurs appropriées de WEPL et de temps de transmission aller et retour pour obtenir un niveau désiré de qualité de transmission pour les connexions dans une population visée. La population visée est l'ensemble de connexions qu'il est possible d'établir et qui comporte le trajet ou les trajets d'écho à la réception considérés. Prenons, par exemple, le simple cas de connexions qui comportent des lignes d'abonné reliées par un commutateur local numérique. Si l'une quelconque des N lignes d'abonné peut être reliée à l'une quelconque des N autres lignes, la population de connexions visée est constituée par $N(N - 1)/2$ possibilités.

Une fois que le planificateur en matière de transmission a identifié la population de connexions visée et le niveau désiré de qualité de transmission, les informations contenues dans la Recommandation P.11 et le Supplément n° 3 peuvent être utilisées pour calculer la valeur minimale du WEPL et la valeur maximale du temps de transmission aller et retour nécessaire pour obtenir ce degré de qualité de transmission. Pour illustrer la procédure à suivre, un exemple est donné sur la Figure 3 et dans le Tableau 1. On a recueilli les informations contenues dans la figure et le tableau pour les utiliser dans le réseau nord-américain. A l'aide du modèle d'évaluation de l'indice de transmission nord-américain décrit dans le Supplément n° 3, on a calculé les valeurs du WEPL et du temps de transmission aller et retour de telle sorte que l'écho à la réception n'ajoute qu'une faible dégradation à la qualité de transmission globale. L'objectif était de ne pas réduire de plus 2% la qualité moyenne d'écoulement du trafic jugée bonne ou mieux. La population visée était constituée par les connexions de boucles d'abonné passant par des commutateurs locaux numériques.

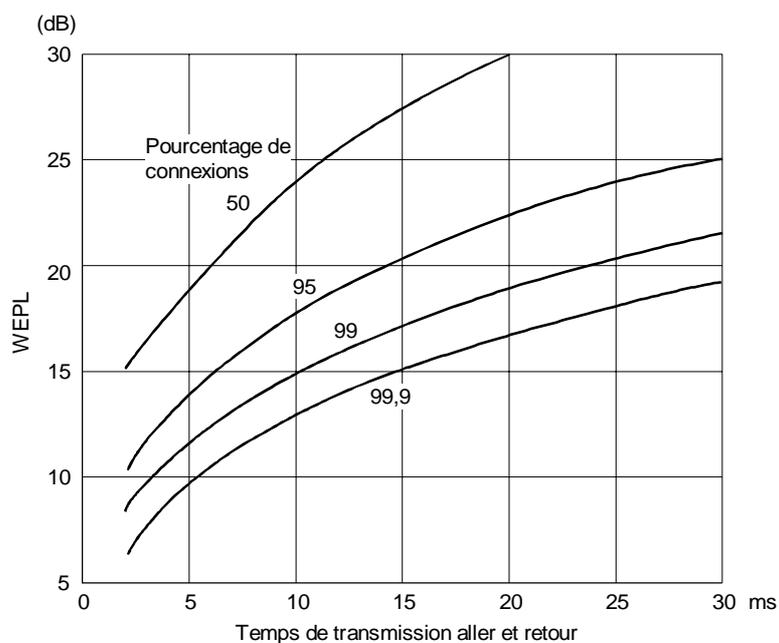
Les courbes de la Figure 3 et les données du Tableau 1 doivent être interprétées comme indiqué ci-après. Pour une valeur donnée désirée (ou requise) du temps de transmission aller et retour, 50% au plus des connexions dans la population visée peuvent avoir un WEPL inférieur à la valeur indiquée par la courbe marquée «50», 5% au plus des connexions peuvent avoir un WEPL inférieur à la valeur indiquée par la courbe marquée «95» et ainsi de suite. Par exemple, s'il est spécifié que le temps de transmission aller et retour est de 4 ms, 50% au plus des connexions dans la population visée peuvent avoir un WEPL ≤ 18 dB, 5% au plus peuvent avoir un WEPL ≤ 13 dB et 1% au plus peuvent avoir un WEPL ≤ 9 dB. En plus du WEPL, la valeur minimale de la marge d'amorçage d'oscillations pour une connexion quelconque dans la population visée doit être conforme à la Recommandation G.122.

Après avoir déterminé le temps de transmission aller-retour maximal, le WEPL minimal et la marge d'amorçage d'oscillations minimale nécessaires pour la population de connexions visée, le planificateur en matière de transmission doit alors s'assurer que l'équipement du réseau [par exemple, lignes d'abonné et appareils téléphoniques, coupleurs hybrides à 2/4 fils, méthode(s) d'équilibrage] et le plan d'affaiblissement/de niveau de transmission du réseau sont adéquats pour répondre à ces caractéristiques en ce qui concerne la population de connexions visée. Cela n'est pas toujours facile. Par exemple, dans le réseau nord-américain, il a été nécessaire d'équiper les commutateurs numériques locaux de réseaux d'équilibrage d'écho réglables que l'on peut régler automatiquement de manière à obtenir le meilleur équilibre d'écho, compte tenu de la combinaison de lignes d'abonné existant dans le réseau.

4.2 Transmission de données dans la bande vocale

Les considérations exposées ci-après constituent un exemple et peuvent servir à indiquer les valeurs de l'OLL qu'il faudrait peut-être attribuer aux types existants de modems dont le débit binaire peut atteindre jusqu'à 2,4 kbit/s, pour obtenir une transmission de données de haute qualité:

- une connexion complète ne doit pas comprendre plus de 5 (et exceptionnellement 7) boucles physiques;
- les boucles ayant un OLL très élevé (par exemple, supérieur à 45 dB) ne doivent pas figurer parmi les boucles faisant partie de la connexion;
- l'OLL de chaque boucle, pour n'importe quelle fréquence de la bande comprise entre 500 et 2500 Hz, ne doit pas être inférieur aux valeurs indiquées dans le Tableau 2 (avec $OLL = 18 + 10 \log m$, où m = nombre total de boucles).



T1203560-91/d03

FIGURE 3/G.126

Objectifs d'affaiblissement du trajet d'écho pondéré (WEPL)

TABLEAU 1/G.126

Objectifs de WEPL

Temps de propagation aller-retour (ms)	WEPL minimal (dB)	
	pour 99,9% des connexions	pour 50% des connexions
4	9	18
6	11	20
8	12	22

NOTE – Pour des connexions en boucles à 4 fils multiples, un accroissement de $10 \log m$ (dB) du WEPL pour chaque boucle à 4 fils pourrait être nécessaire (m étant le nombre de boucles). Cette valeur est actuellement à l'étude.

TABLEAU 2/G.126

OLL et nombre de boucles dans une connexion

Dans un système national		Nombre total maximal de boucles dans une connexion internationale
Nombre de boucles nationales	OLL de chaque boucle	
1	22,8 dB	3
2	25 dB	5
3	26,5 dB	7

NOTE – En général, pour des données à grande vitesse à un débit binaire de 4,8 kbit/s à 9,8 kbit/s, l'OLL peut, pour une connexion en boucle à 4 fils unique, exiger au moins 25 dB à une fréquence quelconque dans la bande de 500 à 2500 Hz.

Références

- [1] CCITT Contribution COM XII-208, période d'études 1985-1988.
- [2] CAVANAUGH (J.R.), HATCH (R.W.) et NEIGH (J.L.): A model for the subjective effects of listener echo on telephone connections, *B.S.T.J.*, Vol. 59, n° 6, p. 1009-1060, juillet-août 1980.
- [3] CCITT Contribution COM XII-173, période d'études 1985-1988.
- [4] GRUBER (J.G.): Performance analysis and design guidelines for multiple four-wire path telephone connections, *IEEE Trans. on communications*, Vol. COM-34, p. 647-653, juillet 1986.
- [5] CCITT Contribution COM XII-42, période d'études 1981-1984.