



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.168

(04/2000)

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

Connexions et circuits téléphoniques internationaux –
Dispositifs associés aux circuits téléphoniques à grande
distance

Annuleurs d'écho pour les réseaux numériques

Recommandation UIT-T G.168

(Antérieurement Recommandation du CCITT)

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE G
SYSTÈMES ET SUPPORTS DE TRANSMISSION, SYSTÈMES ET RÉSEAUX NUMÉRIQUES

CONNEXIONS ET CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX	G.100–G.199
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	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	
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	
SYSTÈMES DE TRANSMISSION NUMÉRIQUES	
EQUIPEMENTS TERMINAUX	G.700–G.799
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.800–G.899
SECTIONS NUMÉRIQUES ET SYSTÈMES DE LIGNES NUMÉRIQUES	G.900–G.999

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

Recommandation UIT-T G.168

Annuleurs d'écho pour les réseaux numériques

Résumé

La présente version de la Recommandation UIT-T G.168 est applicable à la conception et aux essais d'annuleurs d'écho pour réseau numérique destinés à être utilisés dans les circuits où le retard dépasse les limites spécifiées dans les Recommandations UIT-T G.114 [1] et G.131 [3]. La présente révision améliore la méthodologie des essais et définit mieux les caractéristiques de performance. De nombreux essais ont été mis à jour et améliorés. L'Annexe D sur les modèles de trajet d'écho réalistes utilisés pour les essais des annuleurs d'écho a été ajoutée ainsi que l'Appendice II sur les méthodes de mesure des caractéristiques des trajets d'écho.

Source

La Recommandation G.168 de l'UIT-T, révisée par la Commission d'études 15 (1997-2000) de l'UIT-T, a été approuvée le 4 avril 2000 selon la procédure définie dans la Résolution 1 de la CMNT.

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.

La Conférence mondiale de normalisation des télécommunications (CMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'études 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 la CMNT.

Dans certains secteurs des technologies de l'information qui correspondent à la sphère de compétence de l'UIT-T, les normes nécessaires se préparent en collaboration avec l'ISO et la CEI.

NOTE

Dans la présente Recommandation, l'expression "Administration" est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une administration de télécommunications qu'une exploitation reconnue.

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

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

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT 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 2001

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

TABLE DES MATIÈRES

		Page
1	Domaine d'application	1
2	Références normatives	2
3	Termes et définitions	4
3.1	écho acoustique:.....	4
3.2	côté annulé:	4
3.3	affaiblissement combiné (A_{COM}):.....	4
3.4	bruit de confort:	5
3.5	écho composite:	5
3.7	temps de convergence:.....	5
3.8	annuleur d'écho:	5
3.9	trajet d'écho:.....	6
3.10	capacité en trajet d'écho (Δ):.....	6
3.11	retard de trajet d'écho (t_d):	6
3.12	affaiblissement d'adaptation pour l'écho (ERL) (A_{ECHO}):	7
3.13	renforcement de l'affaiblissement d'adaptation pour l'écho (ERLE) (A_{CANC}):.....	7
3.14	écho électrique:.....	7
3.15	registre H:.....	7
3.16	temps de fuite:.....	8
3.17	côté non annulé:	8
3.18	processeur non linéaire (NLP):	8
3.19	affaiblissement de traitement non linéaire (A_{NLP}):	8
3.20	retard pur (t_r):.....	8
3.21	niveau d'écho résiduel (L_{RES}):	9
3.22	niveau de retour d'écho (L_{RET}):.....	9
3.23	trajet d'écho ouvert:.....	9
4	Abréviations.....	9
5	Signaux d'essai.....	10
6	Caractéristiques des annuleurs d'écho.....	10
6.1	Généralités	10
6.2	Objet, fonctionnement et conditions de fonctionnement.....	11
6.3	Activation/neutralisation de l'extérieur.....	12
6.4	Essais et spécifications relatifs aux caractéristiques de fonctionnement quand des signaux d'entrée sont appliqués aux trajets d'émission et de réception.....	12

	Page	
6.4.1	Caractéristiques de fonctionnement lors de la transmission.....	12
6.4.2	Caractéristiques de fonctionnement de l'annuleur d'écho.....	15
6.4.3	Trajets d'écho non linéaires	38
7	Caractéristiques d'un dispositif de neutralisation par tonalité d'annuleur d'écho.....	39
7.1	Généralités	39
7.2	Caractéristiques du dispositif de neutralisation	40
7.3	Caractéristiques de la bande de garde.....	41
7.4	Caractéristiques de la bande de maintien.....	42
7.5	Temps de réaction.....	42
7.6	Fausse détection dues à des courants vocaux	42
7.7	Fausse détection dues à des signaux de données	42
7.8	Temps de libération	42
7.9	Autres considérations.....	43
8	Processeurs non linéaires utilisés dans les annuleurs d'écho	43
8.1	Domaine d'application	43
8.2	Principes généraux et directives.....	43
8.2.1	Fonctions	43
8.2.2	Seuil de suppression	44
8.2.3	Contrôle d'activation du processeur non linéaire.....	45
8.2.4	Limites en fréquence des voies de commande.....	46
8.2.5	Affaiblissement des signaux en dessous du niveau du seuil.....	46
8.2.6	Essai du processeur non linéaire.....	46
Annexe A – Description d'un dispositif de neutralisation de référence par tonalité de l'annuleur d'écho		47
A.1	Généralités	47
A.2	Caractéristiques du dispositif de neutralisation	47
A.2.1	Détection de tonalité.....	47
A.2.2	Détection d'inversion de phase	47
A.3	Caractéristiques de la bande de garde.....	48
A.4	Caractéristiques de la bande de maintien.....	48
A.5	Temps de réaction.....	48
A.6	Fausse détection dues à des courants vocaux	49
A.7	Fausse détection dues à des signaux de données	49
A.8	Temps de libération	49
Annexe B – Description d'un processeur non linéaire de référence.....		49
B.1	Généralités	49

	Page
B.2	Seuil de suppression (T_{SUP})..... 50
B.3	Caractéristiques statiques du contrôle d'activation 50
B.4	Caractéristiques dynamiques du contrôle d'activation 50
B.5	Limites de fréquence des voies de commande..... 50
B.6	Essais 50
Annexe C – Signaux de la source composite pour les essais des annuleurs d'écho de parole: signaux, description et analyse 53	
C.1	Introduction..... 53
C.2	Signal de la source composite – Généralités..... 53
	C.2.1 Description générale des différentes séquences..... 53
	C.2.2 Calcul et analyse utilisant des signaux de la source composite..... 54
C.3	Signal de la source composite à bande limitée avec densité spectrale de puissance similaire à celle de la parole – Réalisation pratique pour les mesures des annuleurs d'écho 55
	C.3.1 Signal de la source composite pour le monologue 55
	C.3.2 Signal de la source composite de bande limitée pour la simulation de parole simultanée..... 58
C.4	Méthodes d'évaluation des caractéristiques de convergence des annuleurs d'écho de parole en utilisant le signal de la source composite 62
	C.4.1 Evaluation dans le domaine des fréquences 62
	C.4.2 Evaluation dans le domaine temporel..... 63
	C.4.3 Calculs de niveau selon le niveau de parole active de P.56..... 63
Annexe D – Modèles de trajet d'écho pour les essais des annuleurs d'écho 64	
D.1	Introduction..... 64
D.2	Modèles de trajet d'écho générés par un simulateur de circuit différentiel de réseau. 65
D.3	Modèles de trajet d'écho mesurés sur des réseaux téléphoniques en Amérique du Nord 69
Appendice I – Guide d'application des annuleurs d'écho..... 73	
I.1	Domaine d'application 73
I.2	Réduction d'écho sur le réseau RTPC..... 73
	I.2.1 Plan de transmission sur le réseau RTPC 73
	I.2.2 Suppresseurs d'écho 74
	I.2.3 Annuleurs d'écho 75
	I.2.4 Responsabilités des constructeurs de modems et des utilisateurs finals..... 77
I.3	Règles d'application et contraintes de fonctionnement..... 77
	I.3.1 Plan de transmission pour le réseau public..... 77
	I.3.2 Considérations relatives aux retards 77

I.3.3	Prise en compte des possibilités de trajet d'écho et des caractéristiques de ce trajet	78
I.3.4	Plan de transmission sur le réseau privé incluant l'utilisateur final et le constructeur	79
I.4	Effet des annuleurs sur les services vocaux et les services de données	80
I.4.1	Interaction avec les données en bande vocale.....	80
I.4.2	Interaction entre la réduction d'écho et la transmission de télécopie.....	80
I.5	Parole à haut niveau de signaux.....	82
I.5.1	Introduction.....	82
I.5.2	Détection de la parole simultanée et détection d'activité.....	82
I.5.3	Effet des codeurs à faible débit.....	82
I.5.4	Effet d'un trajet d'écho non linéaire	82
I.5.5	Directives pour l'utilisation de R_{out} dans les annuleurs d'écho	83
I.6	Aspects relatifs aux évolutions de réseau et de service	83
I.6.1	Transparence des bits dans les annuleurs d'écho	83
I.6.2	Non-linéarités et effet de variation dans le temps sur le trajet d'écho	84
I.6.3	Compression vocale des annuleurs montés en cascade	84
I.6.4	Montage en cascade des annuleurs d'écho	85
I.6.5	Vitesse de convergence.....	87
I.6.6	Réduction d'écho acoustique et conditions d'environnement	87
I.6.7	Nouveau service à commutation de circuits	90
I.6.8	Bruit de confort.....	90
I.7	Aspects particuliers liés à la mise en réseau des équipements DCME/PCME	91
I.7.1	Interaction détaillée	92
I.7.2	Solutions possibles	93
I.8	Aspects concernant les caractéristiques de fonctionnement des annuleurs d'écho dans les conditions de la parole simultanée	93
I.8.1	Introduction.....	93
I.8.2	Paramètres de parole simultanée	94
I.8.3	Analyse des paramètres techniques ayant une influence sur les caractéristiques de fonctionnement dans les conditions de la parole simultanée.....	95
I.8.4	Essais 3A et 3B en parole simultanée sans neutraliser l'adaptation.....	95
I.8.5	Essais subjectifs et objectifs de l'annuleur d'écho.....	97
I.9	Directives pour l'utilisation des paramètres d'essai des annuleurs d'écho.....	104
Appendice II – Méthodes de mesure pour les caractéristiques des trajets d'écho et un exemple pour le réseau nord-américain		105
II.1	Introduction.....	105
II.2	Procédure de mesure	105

	Page
II.3	Signal d'essai 106
II.4	Calcul de la réponse impulsionnelle 107
II.5	Analyse des caractéristiques du trajet d'écho 108
II.5.1	Temps de dispersion 108
II.5.2	Réponse d'amplitude du trajet d'écho 109
II.5.3	Caractéristiques du trajet d'écho à partir de mesures réalisées en Amérique du Nord 109
II.6	Conclusions 111
Appendice III – Circuits à destinations multiples 112	

Annuleurs d'écho pour les réseaux numériques

1 Domaine d'application

Les annuleurs d'écho sont des dispositifs commandés par la voix disposés dans la partie à quatre fils d'un circuit (il peut s'agir d'une section de circuit isolée ou d'une section de transmission d'un signal multiplexé) et ils sont utilisés pour réduire l'écho en soustrayant une estimation d'écho à l'écho du circuit. Ils peuvent être caractérisés par le fait que la section de transmission ou que la soustraction d'écho fait appel à des moyens analogiques ou numériques (voir Figure 1).

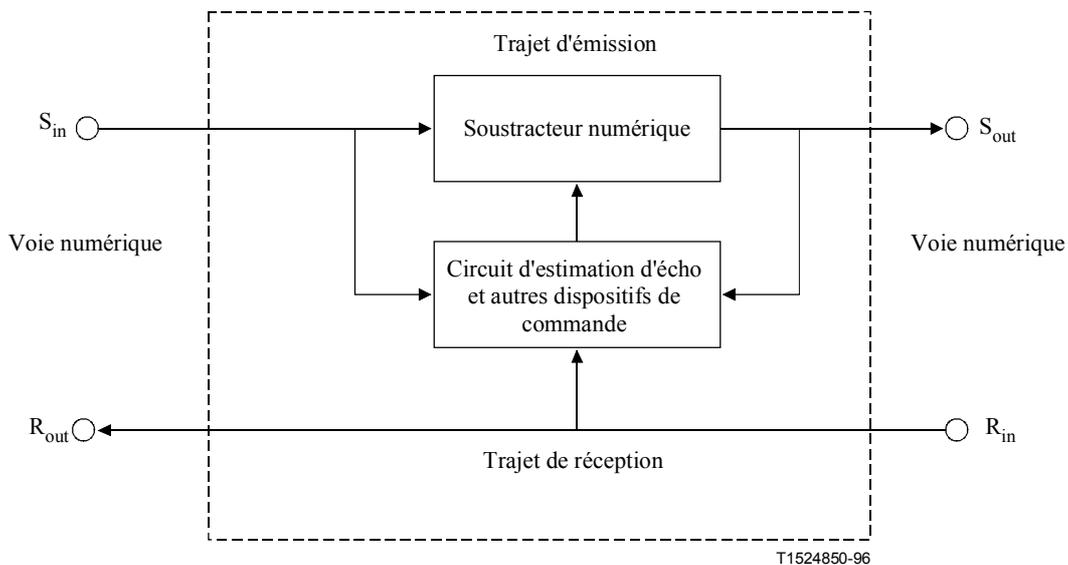


Figure 1/G.168 – Annuleur d'écho sur une section de transmission numérique utilisant la soustraction numérique

NOTE – Du point de vue fonctionnel, un annuleur d'écho numérique (DEC, *digital echo canceller*) s'interface à 64 kbit/s. Cependant 24 ou 30 annuleurs d'écho numériques peuvent par exemple être associés pour correspondre aux débits primaires de 1544 kbit/s ou de 2048 kbit/s de la hiérarchie numérique respectivement.

La présente Recommandation UIT-T est applicable à la conception d'annuleurs d'écho utilisant des techniques numériques et qui sont destinés à être utilisés dans des circuits pour lesquels le retard dépasse les limites spécifiées dans les Recommandations UIT-T G.114 [1] et G.131 [3]. Il est nécessaire que tous les dispositifs de contrôle d'écho utilisés sur les connexions internationales soient compatibles entre eux, avec les annuleurs d'écho conçus selon la Recommandation UIT-T G.165 [5] et avec les supprimeurs d'écho conçus selon la Recommandation UIT-T G.164 [4]. La compatibilité est définie comme suit:

si l'on considère:

- 1) un type particulier de dispositif de protection contre l'écho (type I), conçu de façon à garantir des performances satisfaisantes lorsque qu'une connexion pratique est équipée de deux dispositifs de ce type;
- 2) un autre type particulier de dispositif de protection contre l'écho (type II) conçu de façon similaire.

Le type II est dit compatible avec le type I, s'il est possible de remplacer un dispositif de protection contre l'écho d'un type par un dispositif de l'autre type sans entraîner une baisse de qualité des performances de la connexion à un niveau non satisfaisant. Cette définition de la comptabilité n'implique pas que le même appareil d'essai ou les mêmes méthodes soient nécessairement utilisés pour tester des dispositifs de protection contre l'écho de type I et de type II.

Toute latitude est laissée pour l'étude des détails qui ne figurent pas dans ces spécifications. La présente Recommandation UIT-T s'applique à la conception des annuleurs d'écho numériques et elle définit les essais qui permettront de s'assurer que la performance de l'annuleur d'écho est acceptable dans des utilisations de réseau plus variées que celles spécifiées dans la Recommandation UIT-T G.165 [5], telles que la transmission de signaux vocaux, de signaux de télécopie, de signaux résiduels d'écho acoustique et l'utilisation dans des réseaux mobiles.

La présente Recommandation UIT-T ne s'applique pas à l'annulation d'écho des transformateurs actifs de deux fils/quatre fils ou des répéteurs à deux fils. La présente Recommandation ne s'applique pas non plus à l'annulation d'écho acoustique telle qu'elle est spécifiée dans la Recommandation UIT-T G.167 [6].

La présente Recommandation UIT-T définit des essais objectifs devant permettre de s'assurer (et non garantir) qu'un niveau minimal de performance est atteint lorsqu'ils sont installés dans le réseau. Il convient qu'un annuleur satisfaisant à ces essais n'endommage pas les équipements, ni n'entraîne une baisse de qualité de transmission des signaux et des services en bande vocale en dessous de limites acceptables. Ces essais sont effectués en laboratoire et ne sont pas conçus pour l'exploitation. Par ailleurs, ce sont des essais objectifs qui ne remplacent ni n'éliminent les essais subjectifs devant être réalisés pour mesurer la qualité perçue des annuleurs d'écho. Les annuleurs d'écho étant des dispositifs complexes comportant de nombreux paramètres, la corrélation entre ces paramètres et leurs interactions en vue d'améliorer la qualité subjective d'un annuleur d'écho ne peut pas être spécifiée à ce jour. De ce fait, bien que la présente Recommandation UIT-T ne spécifie ni n'implique de critères de choix, elle contient des directives et les Administrations conservent toute liberté pour spécifier un ensemble de critères dans la procédure de choix des équipements. Cet ensemble de critères peut comprendre certains seuils ou l'ensemble de ces seuils, voire tous les essais prévus dans la présente Recommandation UIT-T.

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.

- [1] Recommandation UIT-T G.114 (2000), *Temps de transmission dans un sens*.
- [2] Recommandation UIT-T G.122 (1993), *Influence des systèmes nationaux sur la stabilité et l'écho pour la personne qui parle dans les connexions internationales*.
- [3] Recommandation UIT-T G.131 (1996), *Réduction de l'écho pour le locuteur*.
- [4] Recommandation CCITT G.164 (1988), *Suppresseurs d'écho*.
- [5] Recommandation UIT-T G.165 (1993), *Annuleurs d'écho*.
- [6] Recommandation UIT-T G.167 (1993), *Dispositifs pour la réduction de l'écho acoustique*.
- [7] Recommandation CCITT G.223 (1988), *Hypothèses pour le calcul du bruit sur les circuits fictifs de référence pour la téléphonie*.
- [8] Recommandation CCITT G.229 (1988), *Modulation non désirée et gigue de phase*.

- [9] Recommandation CCITT G.711 (1988), *Modulation par impulsions et codage (MIC) des fréquences vocales.*
- [10] Recommandation UIT-T G.712 (1996), *Caractéristiques de qualité de transmission des canaux MIC.*
- [11] Recommandation CCITT G.726 (1990), *Modulation par impulsions et codage différentiel adaptatif (MICDA) à 40, 32, 24, 16 kbit/s.*
- [12] Recommandation UIT-T M.1050 (1998), *Réglage d'un circuit international point à point loué avec présentation analogique à l'utilisateur.*
- [13] Recommandation UIT-T P.310 (2000), *Caractéristiques de transmission pour téléphones numériques à bande téléphonique (300-3400 Hz).*
- [14] Recommandation UIT-T P.50 (1999), *Voix artificielle.*
- [15] Recommandation UIT-T P.56 (1993), *Mesure objective du niveau vocal actif.*
- [16] Recommandation UIT-T P.800 (1996), *Méthodes d'évaluation subjective de la qualité de transmission.*
- [17] Recommandation UIT-T P.831 (1998), *Evaluation subjective de la qualité de fonctionnement des annuleurs d'écho de réseau.*
- [18] Recommandation UIT-T P.501 (2000), *Signaux d'essai à utiliser en téléphonométrie.*
- [19] Recommandation UIT-T Q.141 (1993), *Code des signaux de ligne.*
- [20] Recommandation CCITT Q.271 (1988), *Considérations générales.*
- [21] Recommandation UIT-T Q.552 (1996), *Caractéristiques de transmission aux interfaces analogiques 2 fils d'un commutateur numérique.*
- [22] Recommandation CCITT Q.724 (1988), *Procédures de signalisation.*
- [23] Recommandation UIT-T T.30 (1999), *Procédures pour la transmission de documents par télécopie sur le réseau téléphonique général commuté.*
- [24] Recommandation CCITT V.2 (1988), *Niveaux de puissance pour la transmission de données sur des circuits téléphoniques.*
- [25] Recommandation UIT-T V.8 (1999), *Procédures de démarrage des sessions de transmission de données sur le réseau téléphonique public commuté.*
- [26] Recommandation CCITT V.21 (1988), *Modem à 300 bit/s duplex normalisé pour usage sur le réseau téléphonique général avec commutation.*
- [27] Recommandation CCITT V.23 (1988), *Modem à 600/1200 bauds normalisé pour usage sur le réseau téléphonique général avec commutation.*
- [28] Recommandation UIT-T V.25 (1996), *Équipement de réponse automatique et procédures générales pour équipement d'appel automatique sur le réseau téléphonique général commuté, y compris les procédures de neutralisation des dispositifs de réduction d'écho lorsque les appels sont établis aussi bien d'une manière manuelle que d'une manière automatique.*
- [29] Recommandation CCITT V.26 ter (1988), *Modem fonctionnant en duplex à 2400 bit/s, utilisant la technique de la compensation d'écho et normalisé pour usage sur le réseau téléphonique général avec commutation et sur circuits loués à deux fils du type téléphonique de poste à poste.*
- [30] Recommandation CCITT V.27 ter (1988), *Modem normalisé à 4800/2400 bit/s destiné au réseau téléphonique général avec commutation.*

- [31] Recommandation CCITT V.29 (1988), *Modem à 9600 bit/s normalisé pour usage sur circuits loués à quatre fils poste à poste, de type téléphonique.*
- [32] Recommandation UIT-T V.32 (1993), *Famille de modems à deux fils fonctionnant en duplex à des débits binaires allant jusqu'à 9600 bit/s pour usage sur le réseau téléphonique général avec commutation et sur les circuits loués de type téléphonique.*
- [33] Recommandation UIT-T V.34 (1998), *Modem fonctionnant à des débits allant jusqu'à 33 600 bit/s pour usage sur le réseau téléphonique général commuté et sur les circuits loués point à point à 2 fils de type téléphonique.*
- [34] Publication 60651 de la CEI (1979), *Sonomètres.*

3 Termes et définitions

La présente Recommandation UIT-T définit les termes suivants.

Dans la définition et le texte, L fait référence au niveau de puissance relative d'un signal exprimé en dBm0 (tel qu'il a été défini dans la Recommandation UIT-T G.711 [9]) et A fait référence à l'affaiblissement d'un trajet d'écho exprimé en dB. Ces définitions supposent qu'aucune non-linéarité n'existe sur le trajet d'écho et que le signal à l'accès S_{in} est un écho pur. On admet que des non-linéarités peuvent être présentes dans un réseau.

3.1 écho acoustique:

E : *acoustic echo*

S : *eco acústico*

l'écho acoustique est constitué de signaux provenant de la réflexion sur l'environnement acoustique, c'est-à-dire l'utilisation de postes téléphoniques mains libres analogiques connectés par un circuit à deux fils à un circuit différentiel. Un trajet d'écho est présent sur le trajet acoustique entre l'écouteur et le microphone.

3.2 côté annulé:

E : *cancelled end*

S : *extremo compensado*

côté d'un annuleur d'écho qui contient le trajet d'écho sur lequel l'annuleur d'écho doit fonctionner. Cela comprend tous les dispositifs et équipements de transmission (y compris le circuit différentiel et le poste téléphonique situé en fin de ligne) qui sont inclus sur le trajet d'écho. Dans les versions précédentes de la Recommandation UIT-T G.168, ce côté était défini comme côté proche.

3.3 affaiblissement combiné (A_{COM}):

E : *combined loss (A_{COM})*

S : *atenuación combinada (A_{COM})*

somme de l'affaiblissement du retour d'écho, du renforcement de l'affaiblissement du retour d'écho et de l'affaiblissement du traitement non linéaire (le cas échéant). Cet affaiblissement établit une relation entre L_{Rin} et L_{RET} , comme suit:

$$L_{RET} = L_{Rin} - A_{COM}, \text{ où}$$

$$A_{COM} = A_{ECHO} + A_{CANC} + A_{NLP}.$$

3.4 bruit de confort:

E: comfort noise

S: ruido de confort; ruido nivelador

insertion d'un bruit pseudo aléatoire pendant les intervalles de silence lors du traitement non linéaire ou lorsqu'on admet qu'une partie du bruit de fond ou du bruit de voie au repos traverse le processeur non linéaire, afin d'empêcher la gêne qu'engendrent des intervalles de parole avec bruit de fond suivis par des intervalles de silence.

3.5 écho composite:

E: composite echo

S: eco compuesto

l'écho composite se compose d'échos électriques et d'échos acoustiques provoqués par la réflexion des signaux dans les circuits différentiels et dans l'environnement acoustique tels que, par exemple, les téléphones analogiques mains-libres.

3.6 convergence:

E: convergence

S: convergencia

processus d'élaboration d'un modèle de trajet d'écho qui sera utilisé dans le circuit d'estimation d'écho pour obtenir l'évaluation de l'écho du circuit.

3.7 temps de convergence:

E: convergence time

S: tiempo de convergencia

pour un trajet d'écho donné, il s'agit de l'intervalle entre le moment où un signal d'essai défini est appliqué à l'accès d'entrée du côté réception d'un annuleur d'écho, la réponse impulsionnelle estimée du trajet d'écho étant initialement mise à zéro, et l'instant où le niveau de retour d'écho à l'accès de sortie du côté émission atteint un niveau défini.

3.8 annuleur d'écho:

E: echo canceller

S: compensador de eco; cancelador de eco

dispositif commandé par la voix placé dans la partie à quatre fils d'un circuit et utilisé pour réduire l'écho du côté proche présent sur le trajet d'émission en soustrayant une estimation de cet écho à l'écho du côté proche (voir Figure 2).

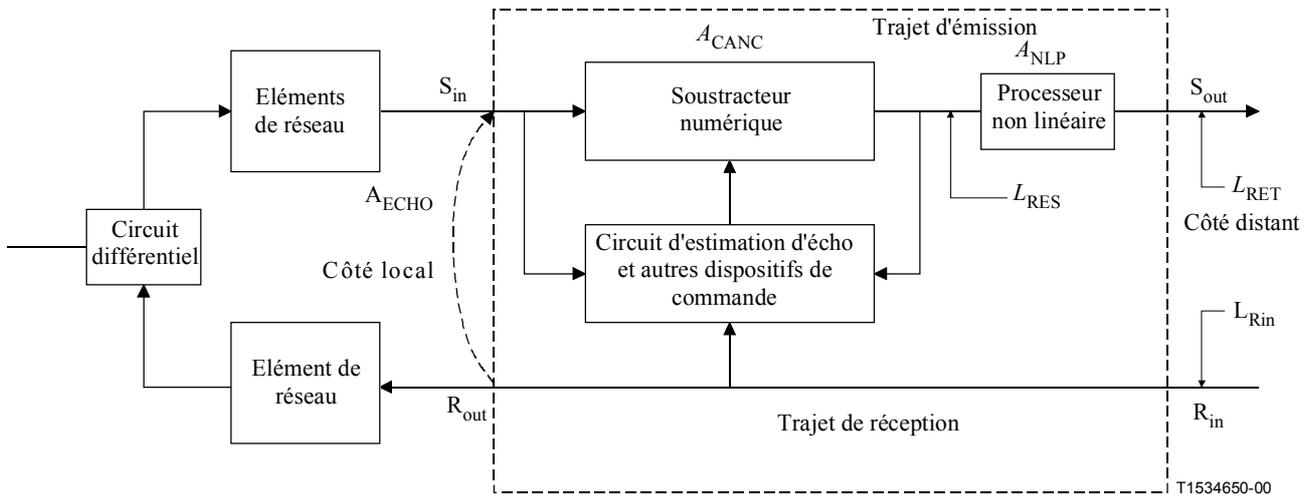


Figure 2/G.168 – Répartition des niveaux et des affaiblissements d'un annuleur d'écho

3.9 trajet d'écho:

E: echo path

S: trayecto del eco

le trajet de transmission entre l'accès R_{out} et l'accès S_{in} d'un annuleur d'écho. Ce terme est utilisé pour décrire le trajet du signal de l'écho.

3.10 capacité en trajet d'écho (Δ):

E: echo path capacity (Δ)

S: capacidad del trayecto del eco (Δ)

retard maximal du trajet d'écho sur lequel il est prévu que l'annuleur d'écho puisse fonctionner.

3.11 retard de trajet d'écho (t_d):

E: echo path delay (t_d)

S: retardo del trayecto del eco (t_d)

retard entre l'accès R_{out} et l'accès S_{in} par suite des retards inhérents aux voies de transmission du trajet d'écho, y compris le temps de dispersion dû aux éléments de réseau. Dans le cas de plusieurs trajets d'écho, l'ensemble des retards et des dispersions pour n'importe quel trajet d'écho individuel seront inclus. Le temps de dispersion, qui varie selon les différents réseaux, est nécessaire pour calculer les effets de limitation de bande, de même que les effets transitoires du circuit différentiel (voir Figure 3).

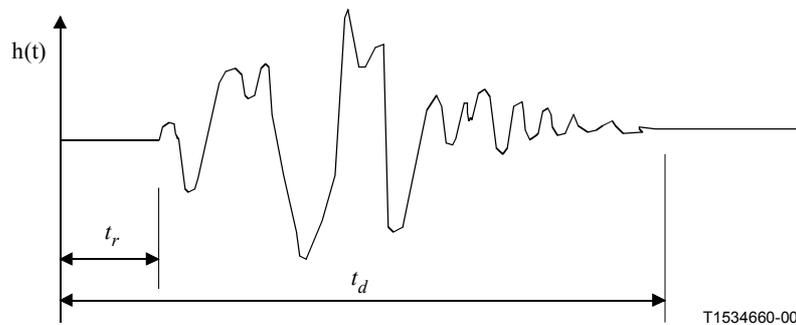


Figure 3/G.168 – Exemple de réponse impulsionnelle d'un trajet d'écho

3.12 affaiblissement d'adaptation pour l'écho (ERL) (A_{ECHO}):

E: echo return loss (ERL) (A_{ECHO})

S: atenuación del eco (ERL) (A_{ECHO})

l'affaiblissement d'un signal entre l'accès de sortie du côté réception R_{out} et l'accès d'entrée du côté émission S_{in} d'un annuleur d'écho, par suite de l'affaiblissement dans le circuit de transmission et dans le circuit différentiel, c'est-à-dire l'affaiblissement se produisant sur le trajet d'écho (côté annulé).

NOTE – La présente définition n'est pas strictement conforme à celle de l'affaiblissement d'écho donnée en 2.2/G.122 [2] qui s'applique à l'affaiblissement du trajet $a-t-b$ considéré à partir de l'extrémité virtuelle du circuit international. L'annuleur d'écho peut être situé plus près du point de réflexion de l'écho.

3.13 renforcement de l'affaiblissement d'adaptation pour l'écho (ERLE) (A_{CANC}):

E: echo return loss enhancement (ERLE) (A_{CANC})

S: atenuación reforzada del eco (ERLE) (A_{CANC})

l'affaiblissement du signal d'écho introduit sur le trajet d'émission d'un annuleur d'écho. Cette définition exclut formellement tout traitement non linéaire à la sortie de l'annuleur qui permettrait d'obtenir un affaiblissement supplémentaire.

3.14 écho électrique:

E: electric echo

S: eco eléctrico

les échos électriques sont constitués de signaux réfléchis provoqués par un défaut d'adaptation d'impédance du côté local, par exemple dans un convertisseur deux fils/quatre fils (circuit différentiel).

3.15 registre H:

E: H register

S: registro H

registre situé dans l'annuleur d'écho qui contient le modèle de réponse impulsionnelle du trajet d'écho.

3.16 temps de fuite:

E: leak time

S: tiempo de fuga

intervalle entre le moment où le signal d'essai quitte l'entrée de l'accès réception R_{in} d'un annuleur d'écho qui a achevé la convergence et le moment où le modèle de trajet d'écho dans l'annuleur d'écho est modifié de telle sorte que, lorsqu'un signal d'essai est réappliqué à R_{in} tout en maintenant le blocage du circuit de convergence, le retour d'écho est à un niveau défini.

La présente définition fait référence à des annuleurs d'écho utilisant par exemple des intégrateurs avec fuite dans le circuit de convergence.

3.17 côté non annulé:

E: non-cancelled end

S: extremo no compensado

le côté d'un annuleur d'écho qui ne contient pas le trajet d'écho sur lequel cet annuleur doit fonctionner. Dans les versions de la Recommandation UIT-T G.168, ce côté était défini comme côté distant.

3.18 processeur non linéaire (NLP):

E: nonlinear processor (NLP)

S: procesador no lineal (NLP)

dispositif ayant un niveau de seuil de suppression défini et dans lequel:

- a) des signaux ayant un niveau détecté comme étant inférieur au seuil sont bloqués,
- b) des signaux ayant un niveau détecté comme étant supérieur au seuil sont transmis bien que le signal puisse être affecté de distorsion (voir par exemple, l'Annexe B).

NOTE 1 – Le fonctionnement précis du processeur non linéaire (NLP) dépend de l'algorithme de détection et de commande utilisé.

NOTE 2 – Un exemple de processeur non linéaire (NLP) est l'écrêteur de centre analogique dans lequel tous les niveaux de signal en dessous d'un seuil défini sont ramenés à une valeur minimale donnée.

3.19 affaiblissement de traitement non linéaire (A_{NLP}):

E: nonlinear processing loss (A_{NLP})

S: atenuación por procesamiento no lineal (A_{NLP})

affaiblissement supplémentaire du niveau d'écho résiduel par un processeur non linéaire (NLP) placé sur le trajet d'émission d'un annuleur d'écho.

NOTE – Au sens strict, l'affaiblissement dû à un traitement non linéaire ne peut pas être caractérisé par un affaiblissement en dB. Cependant, l'utilisation appropriée de A_{NLP} est utile à des fins d'étude et d'illustration du fonctionnement de l'annuleur d'écho.

3.20 retard pur (t_r):

E: pure delay (t_r)

S: retardo puro (t_r)

retard entre l'accès R_{out} et l'accès S_{in} en raison de retards propres aux voies de transmission sur le trajet d'écho du côté local, ne comprenant pas le temps de dispersion dû aux éléments de réseau.

Dans un tel cas, le temps de traversée du circuit différentiel est supposé être égal à zéro (voir Figure 3).

3.21 niveau d'écho résiduel (L_{RES}):

E: residual echo level (L_{RES})

S: nivel de eco residual (L_{RES})

niveau du signal d'écho qui subsiste à l'accès de sortie du côté émission d'un annuleur d'écho en fonctionnement après une annulation imparfaite de l'écho du circuit. Le niveau d'écho résiduel est obtenu à partir du niveau L_{Rin} par l'expression:

$$L_{RES} = L_{Rin} - A_{ECHO} - A_{CANC}$$

Tout traitement non linéaire est exclu.

3.22 niveau de retour d'écho (L_{RET}):

E: returned echo level (L_{RET})

S: nivel del eco devuelto (L_{RET})

niveau du signal d'écho à l'accès de sortie du côté émission d'un annuleur d'écho en fonctionnement, qui sera renvoyé vers le locuteur. L'affaiblissement obtenu par le processeur non linéaire est inclus, s'il est normalement présent. Le niveau de retour d'écho L_{RET} est obtenu à partir du niveau L_{Rin} suivant l'expression:

$$L_{RET} = L_{Rin} - (A_{ECHO} + A_{CANC} + A_{NLP})$$

Si le traitement non linéaire n'est pas présent, il convient de noter que $L_{RES} = L_{RET}$.

3.23 trajet d'écho ouvert:

E: open echo path

S: trayecto de eco abierto

trajet d'écho avec affaiblissement d'adaptation pour l'écho infini.

4 Abréviations

La présente Recommandation UIT-T utilise les abréviations suivantes:

ATME	équipements de mesure et d'essai automatique (<i>automatic test and measurement equipment</i>)
CED	identification du poste demandé (<i>called station identification</i>)
CEI	commission électrotechnique internationale
CNG	invitation à numéroter (<i>calling tone</i>)
CPE	équipement des locaux client (<i>customer premises equipment</i>)
CSI	identification de l'abonné demandé (<i>called subscriber identification</i>)
CSS	signal source composite (<i>composite source signal</i>)
DCME	équipement de multiplication de circuit numérique (<i>digital circuit multiplication equipment</i>)
DCS	signal de commande numérique (<i>digital command signal</i>)

DEC	annuleur d'écho numérique (<i>digital echo canceller</i>)
DIS	signal d'identification numérique (<i>digital identification signal</i>)
DTDT	seuil de détection de parole simultanée (<i>double talk detection threshold</i>)
FAX	télécopie (<i>facsimile</i>)
FFT	transformée de Fourier rapide (<i>fast Fourier transform</i>)
FIR	réponse impulsionnelle finie (<i>finite impulse response</i>)
HDLC	commande de liaison de données à haut niveau (<i>high-level data link control</i>)
MIC	modulation par impulsions et codage
MICDA	modulation par impulsions et codage différentiel adaptatif
NEST	seuil d'activité de parole du côté proche (<i>near-end speech threshold</i>)
NSF	services non normalisés (<i>non-standard facilities</i>)
NSS	configuration non normalisée (<i>non-standard set-up</i>)
PCME	équipement de multiplication de circuits paquets (<i>packet circuit multiplication equipment</i>)
RMS	écart quadratique moyen (<i>root mean square</i>)
TBD	à déterminer (<i>to be determined</i>)
TSI	identification de l'abonné émetteur (<i>transmitting subscriber identification</i>)

5 Signaux d'essai

Les essais de la présente Recommandation UIT-T utilisent des signaux particuliers tels que le bruit, les tonalités, les signaux de télécopie de Groupe 3 et un sous-ensemble de signaux de la source composite (CSS, *composite source signal*) comprenant des signaux de la source composite à bande limitée ayant une densité spectrale similaire à celle de la parole (signal de bruit pseudo aléatoire généré en utilisant la transformée de Fourier rapide à 8192 points), de même que des signaux de la source composite à bande limitée pour la parole simultanée (voir l'Annexe C et la Recommandation UIT-T P.501 [18]). Les signaux de la source composite (CSS) simulent les caractéristiques de la parole et leur utilisation comme signaux d'essai améliore la capacité à mesurer les caractéristiques de fonctionnement de l'annuleur d'écho pour les signaux de parole.

Il convient par ailleurs que les annuleurs d'écho sur les réseaux fonctionnent parfaitement pour d'autres signaux que la parole, comme par exemple les données en bande vocale, de même que dans des configurations de réseaux réels. Des essais sont également inclus pour vérifier les caractéristiques des signaux de télécopie du Groupe 3, celles des échos acoustiques résiduels, ainsi que celles des non-linéarités sur le trajet d'écho qui sont susceptibles de se produire avec un codage à faible débit sur le trajet d'écho.

6 Caractéristiques des annuleurs d'écho

6.1 Généralités

La présente Recommandation UIT-T s'applique à l'étude des annuleurs d'écho. On admet que ces annuleurs d'écho sont des annuleurs de "demi-écho", c'est-à-dire des annuleurs dans lesquels l'annulation se produit uniquement sur le trajet d'émission en raison des signaux qui sont présents sur le trajet de réception.

6.2 Objet, fonctionnement et conditions de fonctionnement

Les annuleurs d'écho doivent satisfaire les critères essentiels suivants:

- 1) convergence rapide;
- 2) faible retour d'écho pendant le monologue;
- 3) faible divergence pendant la parole simultanée;
- 4) garantie de détection de la parole simultanée;
- 5) fonctionnement correct pendant la transmission de télécopie et la transmission de données à faible vitesse (<9,6 kbit/s) de bande vocale.

Les annuleurs d'écho peuvent également rester actifs lors de la transmission de plusieurs types de signaux non vocaux, en particulier pendant la transmission de télécopie de Groupe 3 et la transmission de données de bande vocale (<9,6 kbit/s). Les essais 10 et 14 sont relatifs à ces aspects.

Il est de plus en plus fréquent de recourir à un mode de fonctionnement avec des annuleurs d'écho montés en cascade, notamment dans les applications mobiles. Des essais de vérification des caractéristiques de fonctionnement n'ont pas été définis. L'essai 11 fait l'objet d'un complément d'étude en vue d'obtenir ce résultat.

Quand les annuleurs d'écho se trouvent du côté de l'abonné par rapport aux équipements de signalisation internationale, les tonalités de signalisation ne traversent pas les annuleurs d'écho de sorte qu'il n'est pas nécessaire de prendre de mesures particulières. Quand les annuleurs se trouvent du côté international par rapport aux équipements de signalisation, ils sont normalement neutralisés par le commutateur pendant les périodes actives de signalisation, afin d'empêcher la distorsion des tonalités de signalisation par l'annuleur d'écho. Quand des tonalités de signalisation se produisent simultanément aux bornes d'émission et de réception de l'annuleur (parole simultanée), les signaux de réception sont pris en compte par le modèle du trajet d'écho contenu dans l'annuleur. L'estimation du signal produit par l'annuleur peut déformer suffisamment le signal du côté émission afin qu'il ne soit pas interprété correctement par l'équipement de réception de signalisation (voir Note 1).

Il convient qu'un annuleur d'écho soit neutralisé pendant la transmission du signal de contrôle de continuité des systèmes de signalisation n° 6 et n° 7 de l'UIT-T (Note 2). Si un annuleur d'écho conforme à la présente Recommandation UIT-T se trouve du côté international par rapport à un circuit disposant des systèmes de signalisation n° 6 ou n° 7 de l'UIT-T et s'il n'est pas neutralisé de l'extérieur par le commutateur, il n'altérera pas le retour de la tonalité de contrôle de continuité pour autant qu'il satisfasse aux conditions de l'essai facultatif n° 8 de la présente Recommandation UIT-T. De façon similaire, si un annuleur d'écho conforme à la présente Recommandation UIT-T est situé du côté international par rapport aux équipements de signalisation n° 5 de l'UIT-T et s'il n'est pas neutralisé de l'extérieur par le commutateur, il n'altérera pas la signalisation de ligne asservie en continu pour autant qu'il satisfasse à l'essai facultatif n° 8 de la présente Recommandation UIT-T.

NOTE 1 – Pour certains annuleurs d'écho, ce problème peut ne pas survenir quand les fréquences de réception et d'émission sont différentes.

NOTE 2 – La Recommandation UIT-T Q.271 [20] relative au système de signalisation n° 6 de l'UIT-T et la Recommandation Q.274 [22] de l'UIT-T relative au système de signalisation n° 7 contiennent toutes deux la phrase suivante: "étant donné que la présence de supprimeurs d'écho à l'état actif sur le circuit pourrait perturber le contrôle de continuité, il est nécessaire de neutraliser les supprimeurs pendant le contrôle et de les réactiver, si nécessaire, une fois que le contrôle sera achevé." Cet aspect s'applique également aux annuleurs d'écho.

6.3 Activation/neutralisation de l'extérieur

Certains annuleurs d'écho numériques peuvent être neutralisés directement par un signal numérique (par exemple, voir Recommandation UIT-T Q.55). Il convient que ces annuleurs d'écho respectent l'intégrité de la séquence binaire à 64 kbit/s dans l'état neutralisé de l'extérieur (c'est-à-dire que la conversion loi A/loi μ est également invalidée dans le cas de l'intégrité de la séquence binaire).

6.4 Essais et spécifications relatifs aux caractéristiques de fonctionnement quand des signaux d'entrée sont appliqués aux trajets d'émission et de réception

6.4.1 Caractéristiques de fonctionnement lors de la transmission

Les spécifications relatives aux caractéristiques de fonctionnement lors de la transmission selon les Recommandations UIT-T G.164 [4] et G.165 [5] s'appliquent également aux annuleurs d'écho sauf spécification contraire ci-dessous.

6.4.1.1 Temps de propagation de groupe

Il convient que le temps de propagation de groupe sur le trajet d'émission soit réduit à une valeur minimale sans dépasser 1 ms. Il convient également qu'aucun retard important ne se produise sur le trajet de réception.

NOTE – La création de glissements de trames sur le trajet d'écho est susceptible de dégrader l'annulation d'écho. Si un retard est nécessaire pour synchroniser les trajets numériques d'émission et de réception, il convient que le retard total admissible, y compris le temps de propagation de groupe mentionné, ne dépasse pas 1 ms sur le trajet d'émission et 250 μ s sur le trajet de réception.

6.4.1.2 Niveaux de mesure à l'entrée

Afin de satisfaire les prescriptions d'essai, la méthode définie pour mesurer le niveau d'entrée des signaux de la source composite est celle de l'écart quadratique moyen. D'autres méthodes qui pourraient donner des résultats équivalents sont possibles (voir Annexe C). En ce qui concerne l'écart quadratique moyen et plus précisément celle du signal de la source composite (CSS), elle est obtenue en utilisant les formules suivantes:

$$S(k) = 3,14 + 20 \log \left[\frac{\sqrt{\frac{2}{n} \sum_{i=k}^{k-n+1} e_i^2}}{4096} \right] \quad (\text{codage loi A})$$

$$S(k) = 3,17 + 20 \log \left[\frac{\sqrt{\frac{2}{n} \sum_{i=k}^{k-n+1} e_i^2}}{8159} \right] \quad (\text{codage loi } \mu)$$

$S(k)$ niveau du signal en dBm0

e_i équivalent linéaire du signal codé en MIC au temps i

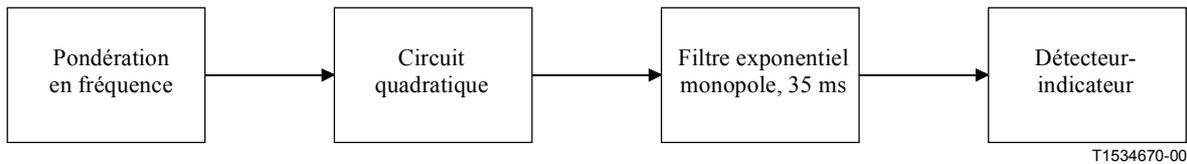
k indice du temps discontinu

n nombre d'échantillons permettant d'effectuer la mesure de l'écart quadratique moyen, et $n = \alpha\tau$ étant donné que $\alpha \geq 1$ (un nombre entier) et que $\tau =$ période du signal de la source composite CSS (5600 pour la partie en monologue et 6400 pour la partie en parole simultanée du signal de la source composite).

6.4.1.2.1 Dispositif de mesure de niveau

Pour certains essais de la présente Recommandation UIT-T, par exemple l'essai n° 2, il est nécessaire de mesurer le niveau à court terme du signal. On utilise à cet effet le dispositif de mesure de niveau suivant.

Le dispositif de mesure comprend un réseau de pondération en fréquence, un circuit quadratique, un filtre exponentiel et un détecteur-indicateur. Ce dispositif peut utiliser des méthodes numériques ou analogiques. La réponse impulsionnelle du réseau de pondération en fréquence est indiquée dans le Tableau 1. Le tableau se lit en colonnes. Le dispositif de mesure présentera les caractéristiques correspondant au schéma synoptique suivant:



Ce réseau de pondération en fréquence est utilisé pour fournir une atténuation plus importante des fréquences à l'extérieur de la bande présentant un intérêt que celle obtenue avec les filtres identifiés dans la Publication CEI 60651 [34]. Ce filtre est nécessaire en raison des effets propres au courant continu dus aux erreurs induites par le codage par la loi A. Ce filtre est un filtre passe-bande à réponse impulsionnelle finie à 101 éléments présentant la réponse impulsionnelle indiquée à la Figure 4 et la réponse de fréquence indiquée à la Figure 5. Les coefficients du filtre sont les suivants:

Tableau 1/G.168 – Coefficients de filtre passe-bande pour le dispositif de mesure de niveau

f0, f100	0,0000	f26, f74	0,0044
f1, f99	0,0006	f27, f73	0,0095
f2, f98	0,0005	f28, f72	0,0017
f3, f97	0,0004	f29, f71	0,0188
f4, f96	0,0011	f30, f70	0,0000
f5, f95	-0,0000	f31, f69	0,0225
f6, f94	0,0015	f32, f68	0,0024
f7, f93	-0,0003	f33, f67	0,0163
f8, f92	0,0012	f34, f66	0,0092
f9, f91	-0,0002	f35, f66	0,0000
f10, f90	0,0000	f36, f64	0,0164
f11, f89	0,0002	f37, f63	-0,0210
f12, f88	-0,0020	f38, f62	0,0161
f13, f87	0,0005	f39, f61	-0,0375
f14, f86	-0,0040	f40, f60	0,0000
f15, f85	0,0000	f41, f59	-0,0406
f16, f84	-0,0047	f42, f58	-0,0357
f17, f83	-0,0019	f43, f57	-0,0267
f18, f82	-0,0033	f44, f56	-0,0871
f19, f81	-0,0047	f45, f55	-0,0000
f20, f80	-0,0000	f46, f54	-0,1420

**Tableau 1/G.168 – Coefficients de filtre passe-bande
pour le dispositif de mesure de niveau (*fin*)**

f21, f79	-0,0068	f47, f53	0,0289
f22, f78	0,0036	f48, f52	-0,1843
f23, f77	-0,0057	f49, f51	0,0475
f24, f76	0,0054	f50	0,8006
f25, f75	0,0000		

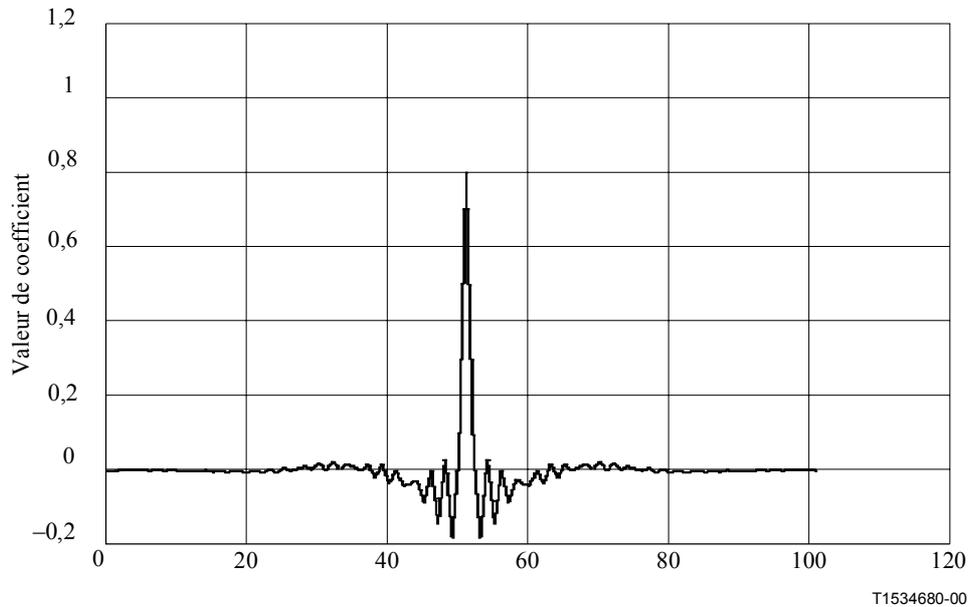


Figure 4/G.168 – Réponse impulsionnelle du réseau de pondération en fréquence

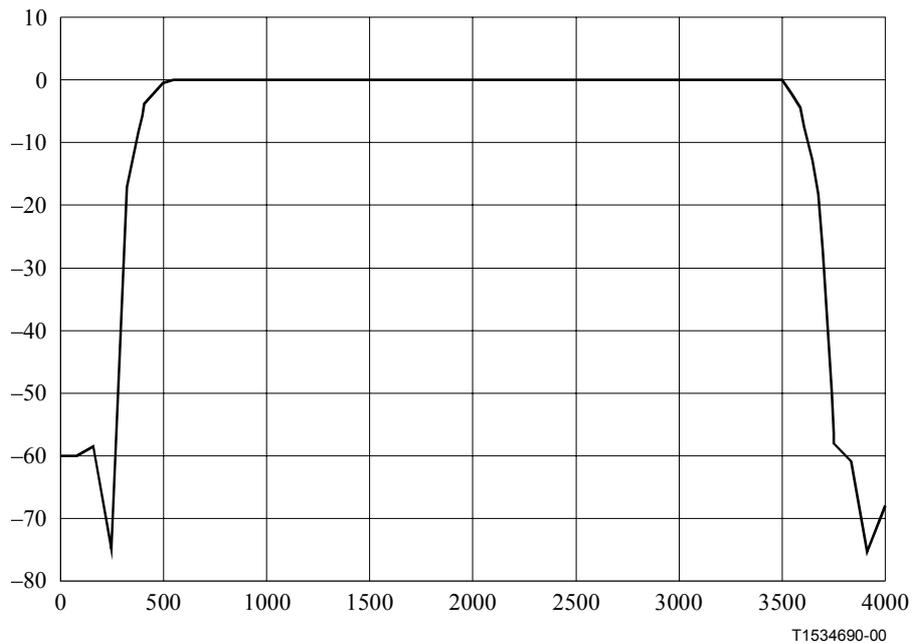


Figure 5/G.168 – Réponse en fréquence du réseau de pondération en fréquence

6.4.1.2.2 Dispositif de mesure de niveau pour les crêtes

Pour les essais qui ont des spécifications sur les crêtes en S_{out} , la méthode de mesure utilisée est une fenêtre glissante rectangulaire de 35 ms au lieu du filtre exponentiel à un pôle de 6.4.1.2.1.

6.4.2 Caractéristiques de fonctionnement de l'annuleur d'écho

Les spécifications relatives aux caractéristiques de fonctionnement qui suivent concernent les annuleurs d'écho qui incluent des processeurs non linéaires (NLP, *non-linear processor*).

Afin de satisfaire aux prescriptions d'essai, il est nécessaire que le processeur non linéaire (NLP) puisse être neutralisé, que le contenu de la mémoire contenant la réponse impulsionnelle du trajet d'écho (registre H) puisse être vidé (mis à zéro) et que l'adaptation puisse être invalidée.

Les spécifications sont décrites en termes d'essais effectués en appliquant des signaux aux bornes R_{in} et S_{in} d'un annuleur d'écho et en mesurant les signaux à la sortie S_{out} . Cette configuration d'essai est indiquée aux Figures 6 et 7. On admet que les accès sont situés à des points de niveaux relatifs égaux. En ce qui concerne les valeurs à l'accès R_{in} , et pour tous les essais de la présente Recommandation UIT-T, il convient que le niveau à l'accès R_{out} soit égal à celui à l'accès R_{in} . Tout traitement facultatif inclus dans l'annuleur d'écho pouvant affecter la transparence de niveau entre les accès R_{in} et R_{out} devra être neutralisé pendant la totalité des essais de la présente Recommandation UIT-T. Les signaux de la source composite comprenant le signal d'essai à l'entrée réception et le signal d'essai à l'entrée émission (voir l'Annexe C et la Recommandation UIT-T P.501 [18]) sont utilisés comme signaux d'essai, sauf stipulation contraire. Pour les implémentations à plusieurs canaux, l'indépendance des canaux est nécessaire, et il convient que l'ensemble des canaux soumis aux essais simultanément satisfassent individuellement les spécifications de la présente Recommandation UIT-T. En effectuant les essais décrits dans la présente Recommandation UIT-T, il convient, pour une meilleure reproductibilité, que tous les canaux qui ne sont pas testés aient un code libre (par exemple 01111111 pour les systèmes en 1544 kbit/s et 01010100 pour les systèmes en 2048 kbit/s, tels qu'ils sont présentés dans la Recommandation UIT-T Q.522) appliqué aux entrées. Il est généralement reconnu que certains exploitants souhaitent appliquer une charge de trafic simulée aux canaux non testés. Ce type de charge fait l'objet d'un complément d'étude.

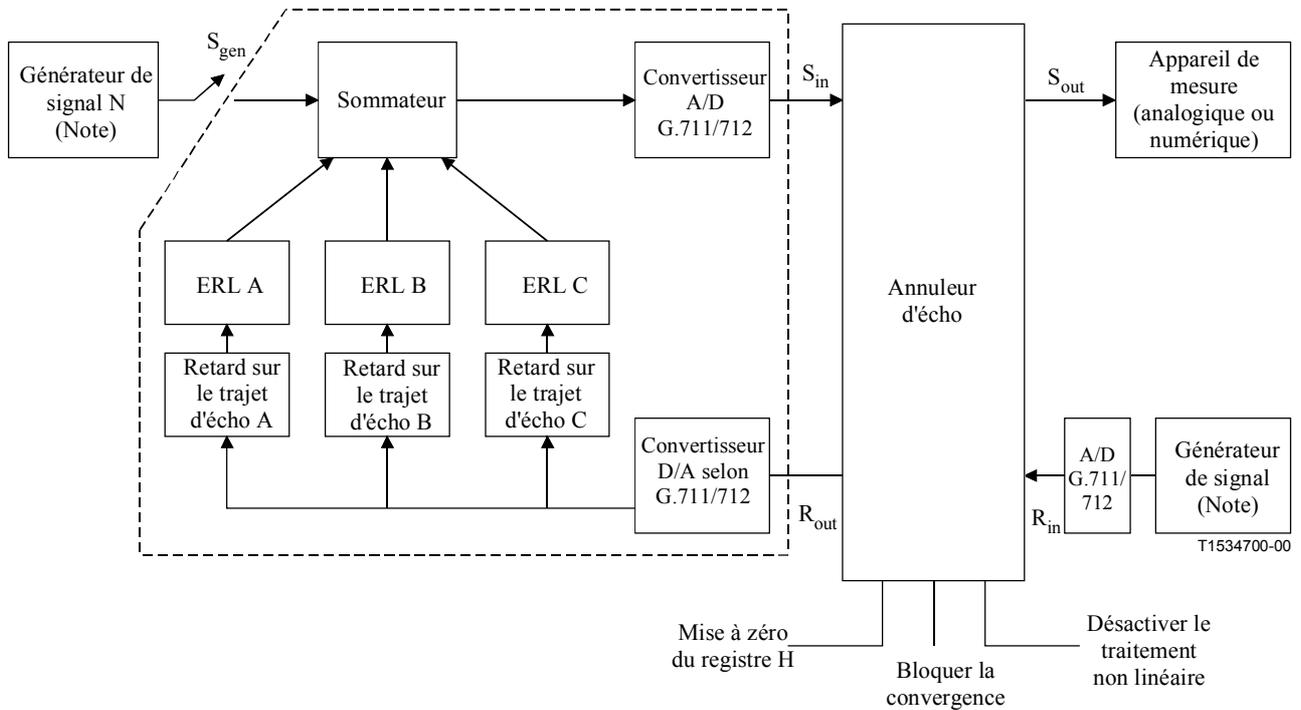
L'affaiblissement d'adaptation pour l'écho (ERL) utilisé dans ces essais a une valeur minimale de 6 dB. Il convient de noter que 6 dB est une valeur usuelle correspondant à l'hypothèse du cas le plus défavorable dans la plupart des réseaux, et par ailleurs la plupart des réseaux actuels ont des valeurs d'affaiblissement ERL généralement plus favorables que la valeur mentionnée ci-dessus.

Il convient également de noter que les configurations d'essai spécifiées dans la présente Recommandation UIT-T sont artificielles pour répondre aux exigences des essais et obtenir des résultats pouvant être reproduits, et qu'elles ne représentent que partiellement les situations susceptibles de se produire dans des réseaux réels.

Les spécifications du 6.4.2 reposent sur l'utilisation de signaux de la source composite, de signaux de bruit, de signaux de tonalité et de signaux de télécopie, de même que celle de signaux de données en bande vocale comme signaux d'essai.

Deux modèles de trajet d'écho peuvent être utilisés pour les essais de la présente Recommandation UIT-T (tels qu'ils apparaissent aux Figures 6 et 7).

Il convient que le bruit de confort soit désactivé, sauf indication contraire.



NOTE – La somme des valeurs absolues des gains G_A , G_B , G_C , qui correspondent aux affaiblissements d'adaptation pour l'écho A, B, C respectivement exprimés en dB, doit être inférieure ou égale à -6 dB (c'est-à-dire $20 \log(|G_A| + |G_B| + |G_C|) \leq -6$ dB), et le retard sur le trajet d'écho A $\leq \Delta$ ms, le retard sur le trajet d'écho B $\leq \Delta$ ms et le retard sur le trajet d'écho C $\leq \Delta$ ms.

Figure 6/G.168 – Schéma synoptique pour les mesures de caractéristiques de fonctionnement des annuleurs d'écho

Un modèle de trajet d'écho permettant la modélisation de trajets d'extrémité plus réaliste peut être réalisé en remplaçant le cadre en pointillé de la Figure 6 par la Figure 7. Les caractéristiques du trajet d'extrémité, qui inclut les convertisseurs D/A et A/D peuvent être modélisées comme une réponse impulsionnelle $g(k)$.

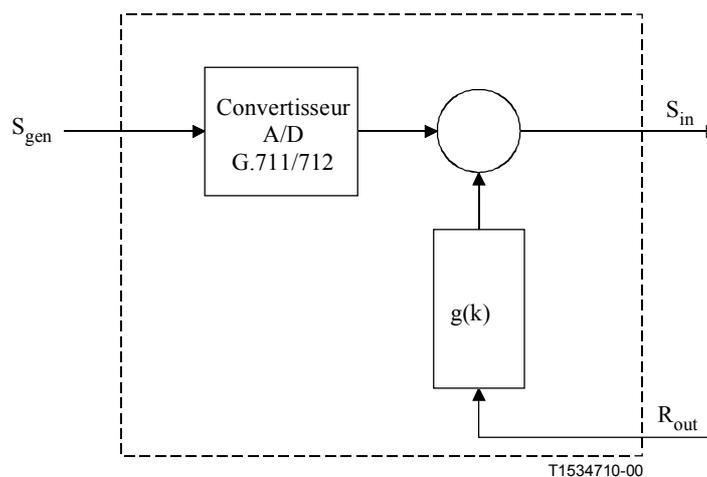


Figure 7/G.168 – Modèle de trajet d'écho utilisant $g(k)$

L'objectif principal d'un annuleur d'écho est de réduire l'écho d'un signal de parole. Cela est effectué en synthétisant une réplique de réponse impulsionnelle du trajet d'écho et en l'utilisant pour engendrer une estimation de l'écho qui sera soustraite de l'écho réel du circuit. Il convient que la synthèse soit obtenue en utilisant un signal de parole à l'entrée. Etant donné la difficulté de définir un signal d'essai pour la parole, les essais suivants sont des essais de type et ils supposent qu'un signal de la source composite soit principalement utilisé à des fins de commodité et de reproductibilité. Il convient que ces essais soient effectués sur un annuleur d'écho que lorsqu'on aura démontré que la conception synthétise convenablement une réplique de la réponse impulsionnelle du trajet d'écho à partir d'un signal de parole à l'entrée et de l'écho qui lui correspond. Les signaux de parole ne sont pas utilisés dans les essais indiqués dans le présent sous-paragraphe. Il convient par ailleurs que le processeur non linéaire de l'annuleur d'écho soit conçu de telle sorte qu'il puisse réduire au minimum et peut-être même éviter des effets indésirables tels que la mutilation de la parole simultanée, les coupures dans les signaux de parole transmis, de même que les variations du niveau de bruit (voir l'essai 9 décrit ultérieurement dans la présente Recommandation pour les variations de niveau de bruit, et voir l'Appendice I pour les autres détails relatifs à la mutilation de la parole simultanée). Des essais visant à assurer un fonctionnement correct sont à l'étude.

Différents annuleurs d'écho peuvent être conçus pour fonctionner correctement avec différents retards de trajet d'écho, selon leur application dans divers réseaux. Ainsi la lettre Δ , lorsqu'elle apparaît dans la présente Recommandation UIT-T, représente le retard de trajet d'écho maximal pour lequel l'annuleur d'écho est conçu.

Voir I.9/Appendice I pour les directives sur l'utilisation de paramètres pour tester les annuleurs d'écho.

6.4.2.1 Modèles de trajet d'écho pour $g(k)$

Voir l'Annexe D pour les modèles de trajet d'écho pouvant être utilisés comme le $g(k)$ de la Figure 7 pour les essais de la présente Recommandation UIT-T. Cet ensemble de modèles n'est pas exhaustif et d'autres modèles peuvent être utilisés sous réserve qu'ils répondent aux caractéristiques de trajet d'écho pour chaque essai séparé. Noter que la version numérique de la Figure 6, dans laquelle trois points de réflexion du trajet d'écho existent, peut aussi être représentée par une réponse $g(k)$. Un modèle spécifique comportant cette option n'est pas décrit dans l'Annexe D. Un modèle plus complexe, intégrant une dispersion réaliste et d'autres effets, fera l'objet d'une étude complémentaire. On trouvera également des informations additionnelles dans l'Appendice III.

6.4.2.2 Essai n° 1 – Essai de niveau d'écho résiduel et de niveau d'affaiblissement d'adaptation d'écho en régime permanent (supprimé)

Cet essai a été incorporé dans l'essai 2.

6.4.2.3 Essai n° 2 – Essai de convergence et essai de niveau d'écho résiduel et de niveau d'affaiblissement d'adaptation d'écho en régime permanent

Cet essai a pour objet de s'assurer que l'annuleur d'écho converge rapidement pour toutes les combinaisons de niveaux de signaux à l'entrée et de trajets d'écho, et de s'assurer que le niveau de retour d'écho est suffisamment faible. Cet essai permet de s'assurer que l'annulation en régime permanent (A_{CANC}) est suffisante pour produire un niveau d'écho résiduel qui est suffisamment faible pour permettre d'utiliser le traitement non linéaire sans qu'une dépendance excessive en résulte. En général, étant donné que toutes les autres variables sont égales, une valeur plus élevée de renforcement d'affaiblissement d'adaptation pour l'écho (ERLE) ou des valeurs L_{RES} plus faibles permettront une moindre dépendance de la fonction de traitement non linéaire (NLP).

Le registre H est initialement vidé ou convergé sur un trajet d'écho ouvert et l'adaptation est invalidée. L'adaptation est activée 200 ms avant le début d'une rafale de signaux de la source composite (voir Figure 8). Cette durée de 200 ms permet de prendre en compte le temps d'attente

dans la commande d'adaptation de l'annuleur. Le degré d'adaptation dépend des caractéristiques de convergence de l'annuleur d'écho.

Au début d'un appel, il convient que la convergence soit suffisamment rapide pour être subjectivement imperceptible. En général, il convient que la convergence soit suffisamment rapide pour tenir compte des changements sur le trajet d'écho de façon à les rendre subjectivement transparents. Une convergence plus rapide que celle exigée dans les Figures 10 et 12 est souhaitable, mais uniquement dans la mesure où aucune dégradation n'est observée pendant le monologue ou la parole simultanée, et la stabilité de l'annuleur peut être maintenue dans toutes les conditions de réseau (par exemple différents états sur le trajet d'écho, y compris divers circuits différentiels) et pour tous les signaux vocaux dans la bande.

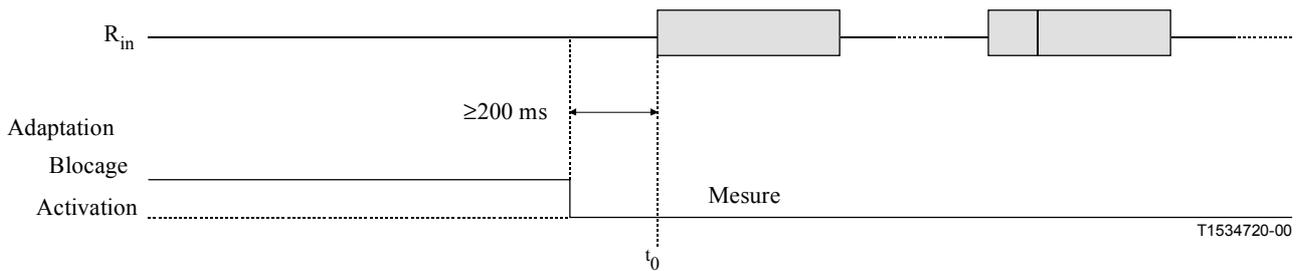


Figure 8/G.168 – Evolution des signaux dans le temps pour les essais n° 2A et n° 2B

6.4.2.3.1 Essai 2A – Essai de convergence avec activation du processeur non linéaire

Spécification

Le registre H étant initialement mis à zéro, ou encore l'annuleur d'écho étant initialement totalement convergé vers un trajet d'écho ouvert et le processeur non linéaire (NLP) activé, pour toutes les valeurs $L_{Rin} \geq -30$ dBm0 et ≤ 0 dBm0 et pour toutes les valeurs d'affaiblissement d'adaptation pour l'écho $ERL \geq 6$ dB et de retard de trajet d'écho, $t_d \leq \Delta$ ms, l'affaiblissement combiné ($L_{Rin} - L_{RET}$) doit être supérieur ou égal à celui indiqué à la Figure 10. Après un délai de $1+t_d$ secondes, l'affaiblissement combiné devrait être supérieur ou égal à celui de la Figure 9. Le niveau à la sortie S_{out} est mesuré au moyen d'un hypsomètre conformément aux caractéristiques de 6.4.1.2.1. De plus, aucune crête (voir 6.4.1.2.2) dépassant de 5 dB les spécifications de la Figure 9 n'est tolérée. Le niveau à R_{in} est mesuré au moyen de la méthode de la valeur de l'écart quadratique moyenne décrite au 6.4.1.2, mais modifié afin d'inclure seulement les échantillons du signal CSS qui se trouvent dans la partie active du signal CSS (c'est-à-dire à l'exclusion des lacunes dans le signal CSS). La méthode de 6.4.1.2.1 peut également être utilisée à R_{in} mais les signaux d'entrée et de sortie doivent également être synchronisés.

Avec le registre H à tout état initialement convergé autre que les états décrits dans l'alinéa ci-dessus, les spécifications de la Figure 10 s'appliquent après un temps $1+t_d$ secondes.

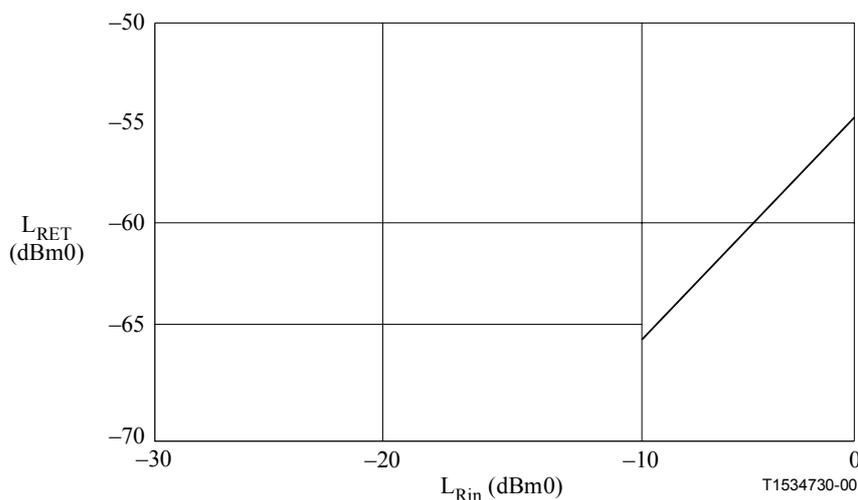
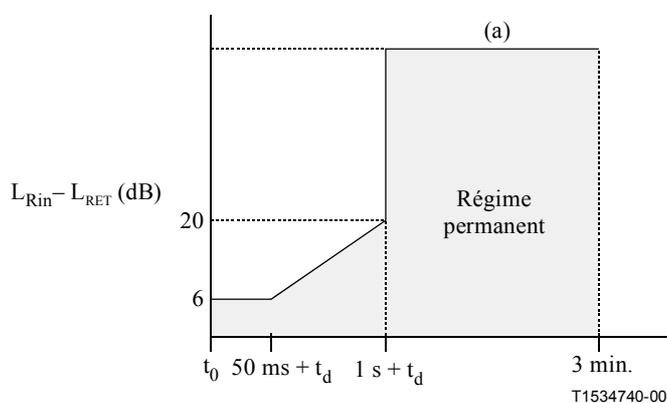


Figure 9/G.168 – Relation entre le niveau d'entrée à la réception (L_{Rin}) et le niveau de retour d'écho (L_{RET}) avec le processeur non linéaire (NLP) activé

Les spécifications de la Figure 9 peuvent ne pas être satisfaites par les annuleurs d'écho contenant une option de bruit de confort, si celle-ci est activée et, par conséquent, le bruit de confort est neutralisé pour les besoins du présent essai. Pour les niveaux du signal R_{in} dépassant la valeur -5 dBm0, le signal de la source composite sera écrêté. Cela n'implique toutefois pas que les spécifications des Figures 9 et 10 ne doivent pas être satisfaites à des niveaux de -5 dBm0 ou plus. Dans cette gamme de valeurs, il convient en particulier de s'assurer que le trajet d'écho est linéaire. Des non-linéarités dans le réseau réel peuvent avoir pour conséquence de dégrader la performance à des valeurs inférieures à celles indiquées à la Figure 10.



(a) calculé à partir de la Figure 9.

Figure 10/G.168 – Caractéristiques de convergence avec activation du processeur non linéaire

6.4.2.3.2 Test 2B – Essai de convergence avec activation du processeur non linéaire

Spécification

Le registre H étant initialement mis à zéro, ou encore l'annuleur d'écho étant initialement totalement convergé vers un trajet d'écho ouvert et le processeur non linéaire (NLP) activé, pour toutes les valeurs $L_{Rin} \geq -30$ dBm0 et ≤ 0 dBm0 et pour toutes les valeurs d'affaiblissement d'adaptation pour l'écho $ERL \geq 6$ dB et de retard de trajet d'écho, $t_d \leq \Delta$ ms, L'affaiblissement $L_{Rin} - L_{RES}$ doit être supérieur ou égal à celui indiqué à la Figure 12. Après 10 s, l'affaiblissement $L_{Rin} - L_{RES}$ doit être supérieur ou égal à celui de la Figure 11. Le niveau à la sortie S_{out} est mesuré au moyen d'un hypsomètre conformément aux caractéristiques de 6.4.1.2.1. De plus, aucune crête (voir 6.4.1.2.2) dépassant de 5 dB les spécifications de la Figure 11 n'est tolérée. Le niveau à R_{in} est mesuré au moyen de la méthode de la valeur de l'écart quadratique moyenne décrite au 6.4.1.2, mais modifié afin d'inclure seulement les échantillons du signal CSS qui se trouvent dans la partie active du signal CSS (c'est-à-dire à l'exclusion des lacunes dans le signal CSS). La méthode de 6.4.1.2.1 peut également être utilisée à R_{in} mais les signaux d'entrée et de sortie doivent également être synchronisés. (Note: certains annuleurs d'écho utilisent une fonction de processeur non linéaire supplémentaire qui ne peut pas être neutralisée. Pour plus d'informations sur ce cas, voir 8.2.6, Essais des processeurs non linéaires.)

Le registre H étant à tout état initialement convergé autre que ceux décrits dans l'alinéa ci-dessus, les spécifications de la Figure 12 s'appliquent après un temps $1+t_d$ secondes.

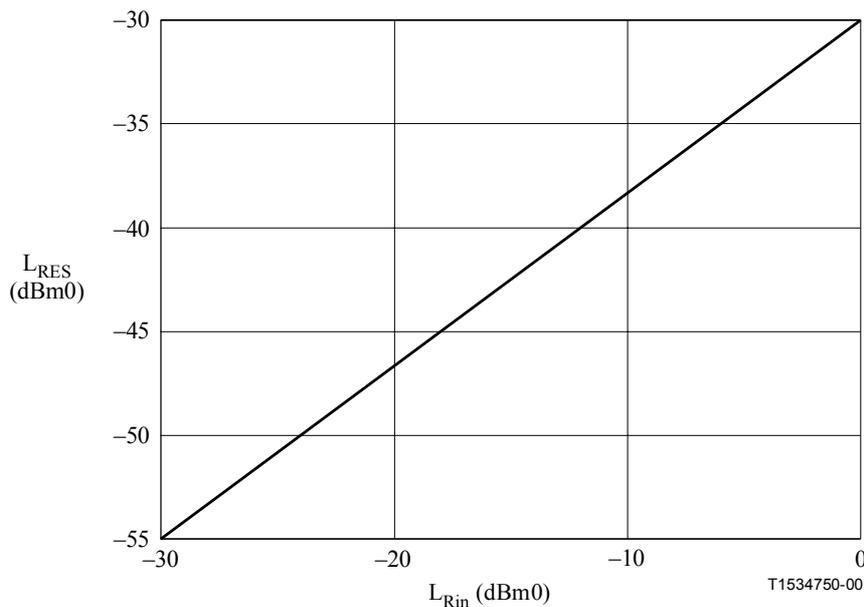


Figure 11/G.168 – Relation entre le niveau d'entrée à la réception (L_{Rin}) et le niveau d'écho résiduel (L_{RES}) lorsque le processeur non linéaire (NLP) est neutralisé

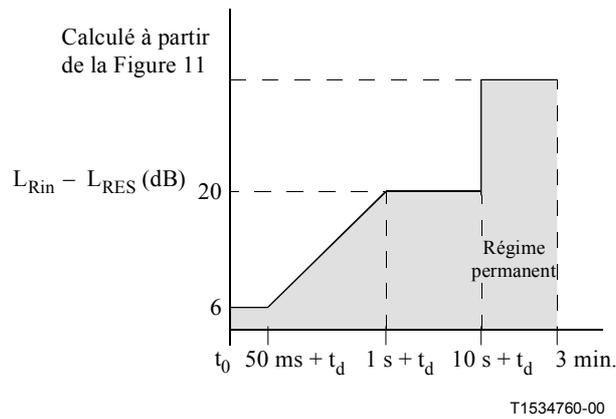


Figure 12/G.168 – Caractéristiques de convergence avec neutralisation du processeur non linéaire

6.4.2.3.3 Essai n° 2C – Essai de convergence en présence de bruit de fond

L'essai n° 2C est effectué en vue de s'assurer que l'annulation du régime permanent est suffisante pour produire un niveau d'écho qui soit suffisamment bas et que l'annuleur d'écho converge rapidement pour toutes les associations de niveaux de signaux d'entrée et de trajets d'écho en présence de bruit de fond.

La procédure d'essai consiste à vider le registre H et à bloquer l'adaptation. Une source de bruit Hoth (voir la Recommandation UIT-T P.800 [16]) avec un niveau N est appliquée à S_{gen} . L'adaptation est activée au moins 200 ms avant le début d'une rafale de signaux de la source composite (voir la Figure 13). Après le temps de convergence, l'adaptation est bloquée S_{gen} et le niveau d'écho résiduel est mesuré.

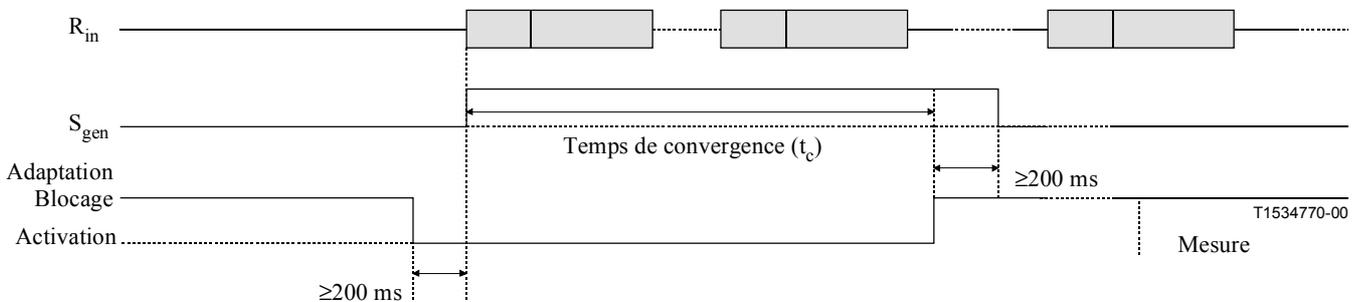


Figure 13/G.168 – Evolution des signaux dans le temps pour l'essai n° 2C

a) *Essai de convergence avec activation du processeur non linéaire*

Spécification

Le registre H étant initialement mis à zéro et le processeur non linéaire étant activé, pour toutes les valeurs $L_{Rin} \geq -30$ dBm0 et ≤ 0 dBm0, $N = L_{Rin} - 15$ dB mais non supérieures à -30 dBm0, l'affaiblissement $ERL \geq 6$ dB et le retard sur le trajet d'écho, $t_d \leq \Delta$ ms, la convergence doit apparaître en moins de 1,0 s (t_c) et il convient que L_{RET} soit $\leq N$ (voir Figure 14).

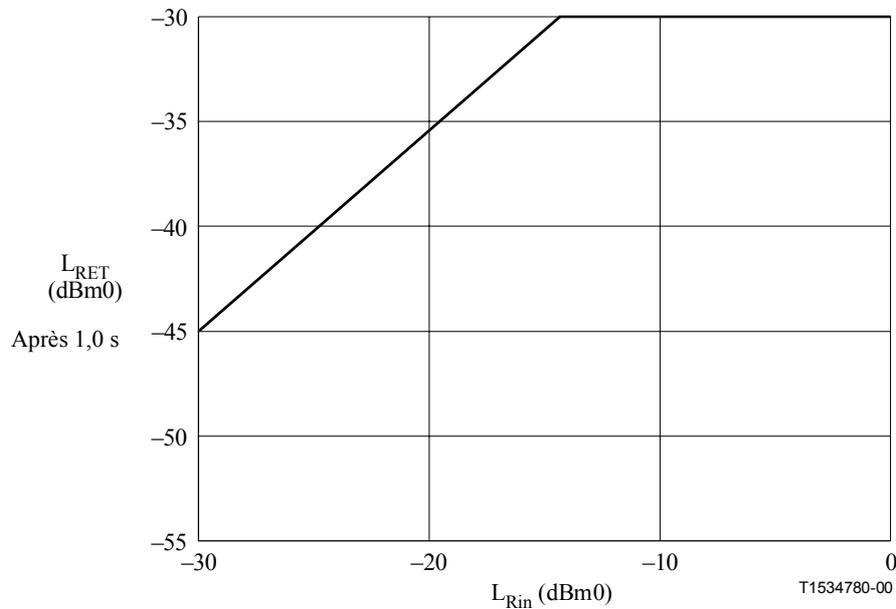


Figure 14/G.168 – Spécifications de l'essai n° 2C avec activation du processeur non linéaire

b) *Essai de neutralisation du régime permanent avec neutralisation du processeur non linéaire*

Spécification

Le registre H étant initialement mis à zéro et le processeur non linéaire étant neutralisé, pour toutes les valeurs $L_{Rin} \geq -30$ dBm0 et ≤ 0 dBm0, N étant comme indiqué à la Figure 15, l'affaiblissement ERL ≥ 6 dB, le retard sur le trajet d'écho, $t_d \leq \Delta$ ms, et le temps de convergence ≥ 10 s (t_c), il convient que L_{RES} soit inférieur à la valeur indiquée à la Figure 15 pour la valeur correspondante de N .

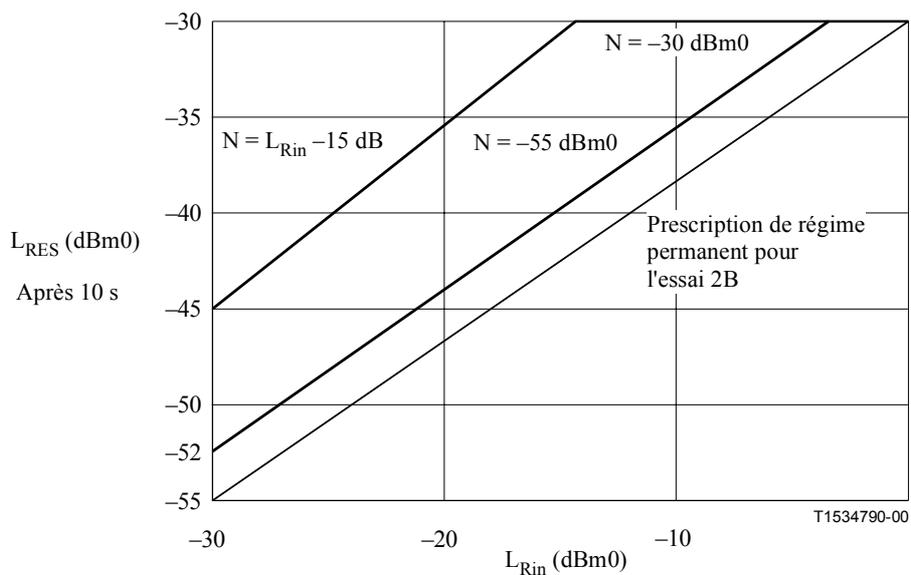


Figure 15/G.168 – Spécifications de régime permanent de l'essai n° 2C avec neutralisation du processeur non linéaire

- c) *Essai de convergence avec neutralisation du processeur non linéaire (cet essai fait l'objet d'un complément d'étude)*

Spécification

Le registre H étant initialement mis à zéro et le processeur non linéaire étant neutralisé, pour toutes les valeurs $L_{Rin} \geq -30$ dBm0 et ≤ 0 dBm0, $N = L_{Rin} - 15$ dB mais non supérieur à -30 dBM, l'affaiblissement $ERL \geq 6$ dB et le retard sur le trajet d'écho $t_d \leq \Delta$ ms, il convient que $L_{Rin} - L_{RES}$ soit supérieur ou égal à valeur indiquée à la Figure 16. La valeur X est à déterminer.

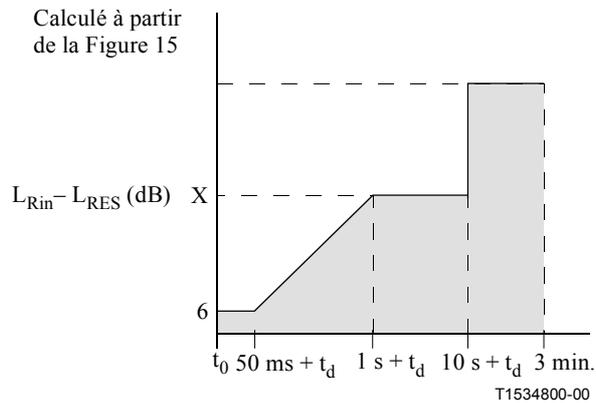


Figure 16/G.168 – Caractéristiques de convergence de l'essai n° 2C avec neutralisation du processeur non linéaire

Le niveau à la sortie S_{out} est mesuré au moyen d'un hypsomètre conformément aux caractéristiques de 6.4.1.2.1. Le niveau à R_{in} est mesuré au moyen de la méthode de la valeur de l'écart quadratique moyenne décrite au 6.4.1.2, mais modifié afin d'inclure seulement les échantillons du signal CSS qui se trouvent dans la partie active du signal CSS (c'est-à-dire à l'exclusion des lacunes dans le signal CSS). La méthode de 6.4.1.2.1 peut également être utilisée à R_{in} mais les signaux d'entrée et de sortie doivent également être synchronisés.

6.4.2.4 Essai n° 3 – Caractéristiques de fonctionnement en parole simultanée

Les trois parties de cet essai ont pour objet de vérifier les performances de l'annuleur dans diverses conditions de parole simultanée. Dans les conditions de parole simultanée, l'annuleur d'écho peut produire des effets indésirables tels que l'écrêtage, la distorsion et les variations du niveau de bruit (voir l'Appendice I). Les essais supposent que des mesures soient prises dès la détection de la parole simultanée, pour empêcher ou ralentir l'adaptation afin d'éviter une réduction excessive de l'annulation.

Alors que les signaux de la source composite sont proposés pour cet essai, on admet que cela représente uniquement une approximation statistique de la parole réelle. Les essais de parole simultanée effectués sur des échantillons de parole réelle peuvent produire des résultats qui diffèrent légèrement de ceux mis en évidence dans cet essai. Cet essai a pour objet de fournir des directives sur la façon dont il convient de mesurer les caractéristiques en parole simultanée d'un annuleur d'écho. Il est possible que cet essai et ses spécifications changent lorsque la corrélation entre les signaux de la source composite et la parole réelle sera mieux comprise. Il a été démontré que l'utilisation de différents langages donnait des variations importantes dans les résultats des essais 3A et 3B.

Voir I.8.4/Appendice I pour les directives sur les méthodes d'essai en parole simultanée pour les essais 3A et 3B.

6.4.2.4.1 Essai n° 3A – Essai de parole simultanée avec de faibles niveaux du côté annulé

L'essai n° 3A permet de s'assurer que la détection de la parole simultanée n'est pas d'une sensibilité telle que l'écho et la parole proche à faible niveau provoquent un mauvais fonctionnement du détecteur de parole simultanée de façon à provoquer l'échec de l'adaptation. La procédure d'essai consiste à vider le registre H puis pour une valeur de retard de trajet d'écho et d'affaiblissement d'adaptation pour l'écho (ERL), un signal est appliqué à l'accès R_{in} . Simultanément (voir la Figure 17), un signal d'interférence (signal de la source composite CSS parole simultanée), dont le niveau est suffisamment faible pour ne pas sérieusement entraver la capacité de convergence de l'annuleur d'écho est appliqué en S_{gen} . Il convient que ce signal provoque les phénomènes d'adaptation et d'annulation. Après le temps de convergence autorisé, l'adaptation est bloquée et l'écho résiduel est mesuré. Il convient que le processeur non linéaire (NLP) soit *neutralisé*.

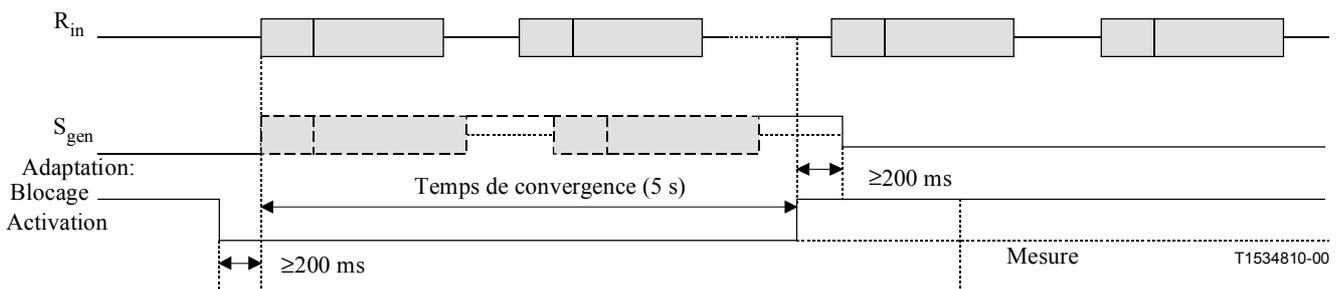


Figure 17/G.168 – Evolution des signaux dans le temps pour l'essai n° 3A

Spécification

Avec le registre H initialement vidé pour toutes les valeurs de niveau $L_{Rin} \geq -25$ dBm0 et ≤ 0 dBm0, $N = L_{Rin} - 15$ dB, d'affaiblissement $ERL \geq 6$ dB et de retard sur le trajet d'écho $t_d \leq \Delta$ ms, il convient que la convergence se produise en moins de 5 s et que le niveau L_{RES} soit $\leq N$.

6.4.2.4.2 Essai n° 3B – Essai de parole simultanée avec des niveaux élevés du côté local

L'essai n° 3B permet de s'assurer que le détecteur de parole simultanée est suffisamment sensible et fonctionne assez rapidement pour empêcher une forte divergence pendant la parole simultanée.

La procédure d'essai consiste à faire converger complètement l'annuleur d'écho pour un trajet d'écho donné en appliquant le signal de la source composite à l'accès R_{in} . Après que l'annuleur ait complètement convergé (voir Figure 18), un signal N est appliqué à S_{gen} qui a un niveau au moins égal à celui de l'accès R_{in} . Il est recommandé que cela provoque le fonctionnement du détecteur de parole simultanée. Après une durée choisie arbitrairement, $\delta_t > 0$, l'adaptation est bloquée, le signal S_{gen} est retiré et l'écho résiduel est mesuré. Il convient que le processeur non linéaire soit *neutralisé*.

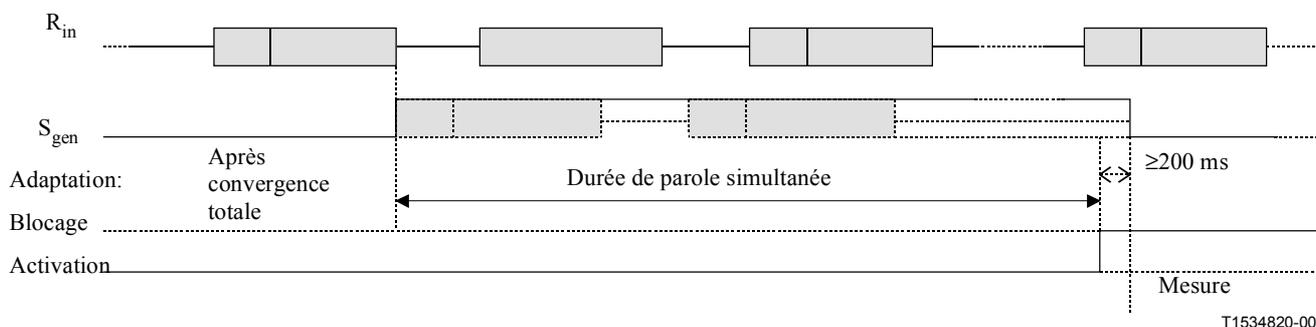


Figure 18/G.168 – Evolution des signaux dans le temps pour l'essai n° 3B

COM 15-27 (1993) montre pour cet essai une grande variation des caractéristiques de fonctionnement selon les langues. Il convient de noter que l'essai 3B est même plus sensible aux variations de la parole réelle et le signal de la source composite CSS peut ne pas fournir une approximation adaptée de parole réelle pour cet essai.

Spécification

L'annuleur d'écho se trouvant initialement à l'état de convergence achevée pour toutes les valeurs de $L_{Rin} \geq -30$ dBm0 et ≤ 0 dBm0, pour toutes les valeurs de $N \geq L_{Rin}$, et pour toutes les valeurs d'affaiblissement ERL ≥ 6 dB et de retard de trajet d'écho $t_d \leq \Delta$ ms, le niveau d'écho résiduel après l'application simultanée de L_{Rin} et il convient que N pour une période de temps ne dépasse pas de plus de 10 dB les spécifications de régime permanent de la Figure 11.

6.4.2.4.3 Essai n° 3C – Essai de parole simultanée en conversation simulée

L'essai n° 3C permet de s'assurer que l'annuleur d'écho ne produit pas d'effets indésirables pendant et après des périodes de parole simultanée (voir I.8).

La procédure d'essai consiste à vider le registre H. Puis, pour une valeur quelconque de retard de trajet d'écho $t_d \leq \Delta$ ms et d'affaiblissement ERL ≥ 6 dB, un signal est appliqué à R_{in} . Simultanément (voir Figure 19), un signal N est appliqué à S_{gen} qui a un niveau au moins égal à celui de R_{in} . Après une durée t_1 , N est retiré et S_{out} est mesuré. Pendant une durée t_4 et t_5 , le signal N est réappliqué et la sortie est évaluée pour les effets indésirables. Il convient que le processeur non linéaire soit activé.

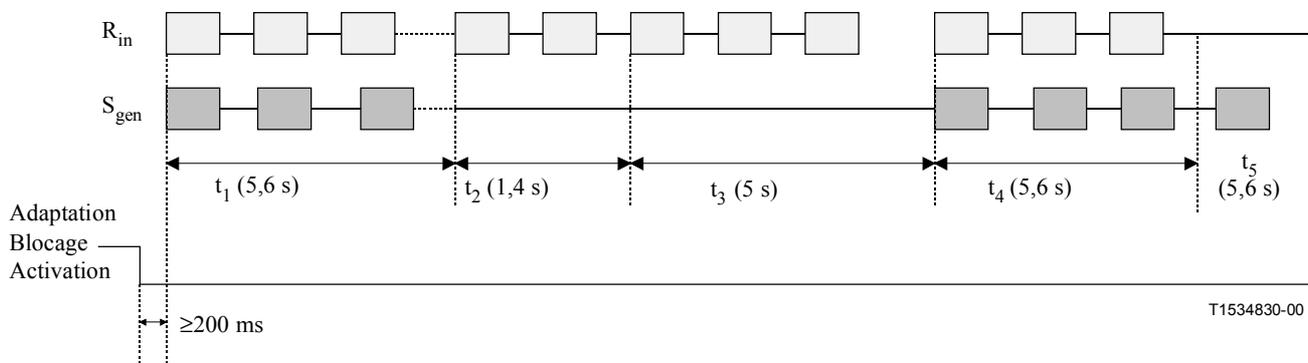


Figure 19/G.168 – Evolution des signaux dans le temps pour l'essai n° 3C

Spécification

Avec le registre H initialement vidé, pour toutes les valeurs de niveau $L_{Rin} \geq -25$ dBm0 et ≤ 0 dBm0, et pour toutes les valeurs de $N \geq L_{Rin}$ et toutes les valeurs d'affaiblissement $ERL \geq 6$ dB et de retard de trajet d'écho $t_d \leq \Delta$ ms, il convient que toute crête (voir 6.4.1.2.2) pendant la période t_2 ne dépasse pas le niveau de N pendant la période t_1 . Il convient que le niveau d'écho résiduel pendant une période t_3 satisfasse aux spécifications de la Figure 9, lorsque le processeur non linéaire est activé. Pendant t_4 et t_5 , il convient qu'aucune crête ne dépasse le niveau de $N + 6$ dB.

Les décalages de niveau entre L_{Rin} et L_{Sgen} peuvent provoquer une dégradation de fonctionnement du processeur non linéaire, de même qu'une dégradation de la parole. Elles font l'objet d'un complément d'étude. Les variations du signal de la source composite peuvent être utiles à cet effet.

6.4.2.5 Essai n° 4 – Essai relatif au taux de fuite

Cet essai a pour objet de s'assurer que le temps de fuite n'est pas trop rapide, c'est-à-dire que le contenu du registre H n'est pas vidé trop rapidement.

La procédure d'essai consiste à faire converger complètement l'annuleur d'écho en utilisant le signal de la source composite pour un trajet d'écho donné, puis à éliminer tous les signaux de l'annuleur d'écho. Après deux minutes, le contenu du registre H est gelé, le signal de la source composite est de nouveau appliqué à l'accès R_{in} et l'écho résiduel est mesuré (voir Figure 20). Il convient que le processeur non linéaire soit *neutralisé*.

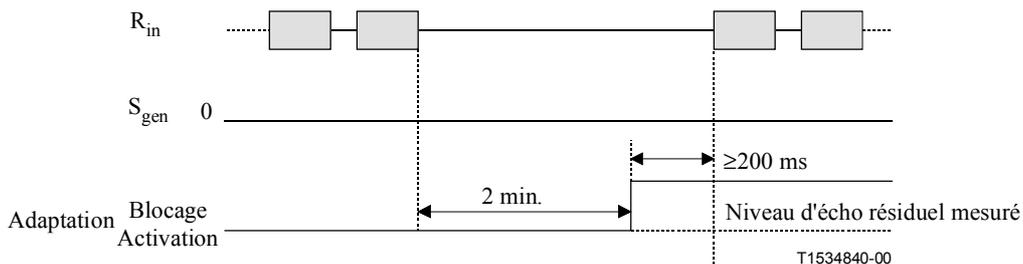


Figure 20/G.168 – Evolution des signaux dans le temps pour l'essai n° 4

Spécification

L'annuleur d'écho étant initialement à l'état de convergence achevée, pour toutes les valeurs de niveau $L_{Rin} \geq -30$ dBm0 et ≤ 0 dBm0, deux minutes après l'élimination du signal R_{in} , il convient que le niveau d'écho résiduel ne dépasse pas de plus de 10 dB la spécification de régime permanent de l'essai n° 2 (voir Figure 11).

6.4.2.6 Essai n° 5 – Essai de convergence pour un affaiblissement d'adaptation infini

Cet essai a pour objet de s'assurer que l'annuleur d'écho a des mécanismes pour empêcher la production indésirable d'écho. Ceci est susceptible de se produire quand le registre H contient un modèle de trajet d'écho, soit en raison d'une connexion antérieure ou de la connexion en cours, et quand le circuit d'écho est ouvert (le circuit d'écho disparaît) pendant qu'un signal est présent à l'accès R_{in} .

La procédure d'essai consiste à faire converger complètement l'annuleur d'écho en utilisant le signal de la source composite pour un trajet d'écho donné. Le trajet d'écho est alors interrompu pendant que le signal de la source composite est appliqué à l'accès R_{in} et la sortie mesurée en S_{out} (voir Figure 21). Il convient que le processeur non linéaire soit neutralisé.

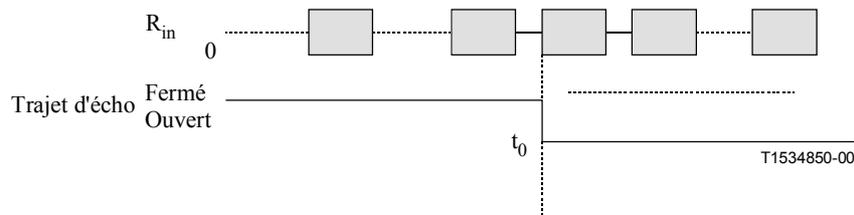


Figure 21/G.168 – Evolution des signaux dans le temps pour l'essai n° 5

Spécification

L'annuleur d'écho ayant initialement atteint l'état de convergence complète pour toutes les valeurs d'affaiblissement $ERL \geq 6$ dB, et pour toutes les valeurs de $L_{Rin} \geq -30$ dBm0 et ≤ 0 dBm0, et au temps t_0 , le trajet d'écho est interrompu avec un trajet d'écho ouvert, il convient que l'affaiblissement combiné $L_{Rin} - L_{RES}$ satisfasse aux caractéristiques de la Figure 12, mesuré en utilisant la méthode de 6.4.1.2.1.

6.4.2.7 Essai n° 6 – Absence de divergence sur des signaux à bande étroite (cet essai est à l'étude)

Cet essai a pour objet de vérifier que l'annuleur d'écho conserve la convergence en présence de signaux à bande étroite émis par l'abonné, après avoir convergé sur un signal à large bande. Le niveau d'écho résiduel est mesuré avant et après l'application d'une sinusoïde ou d'une onde composée de deux fréquences.

La méthode consiste à achever la convergence de l'annuleur d'écho comme dans l'essai n° 2. La séquence de tonalités du Tableau 2 est ensuite appliquée à l'accès R_{in} . Une fois la séquence terminée, l'adaptation est bloquée et l'écho résiduel est mesuré par le signal d'essai n° 2. Il convient que le processeur non linéaire soit neutralisé.

Spécification

Avec un annuleur d'écho dont la convergence est achevée comme dans l'essai n° 2 pour toutes les valeurs d'affaiblissement $ERL \geq 6$ dB et pour un retard du trajet d'écho $t_d \leq \Delta$ ms. Une fois choisi, le trajet d'écho reste le même pendant tout l'essai. La séquence de tonalités du Tableau 2 (la fréquence la plus haute ayant 2 dB de plus que la fréquence la plus basse pour les combinaisons de double tonalité) est ensuite appliquée pendant 5 s à R_{in} de sorte $L_{Rin} \geq -30$ dBm0 et ≤ 0 dBm0. Après l'application de la séquence de tonalités, l'adaptation est bloquée. En utilisant le même signal que l'essai n° 2, il convient que l'écho résiduel ne soit pas dégradé de plus de 10 dB que les spécifications de la Figure 11 de l'essai n° 2. Le processeur non linéaire est désactivé pour cet essai.

Tableau 2/G.168

697
941
1336
1633
697 & 1209
770 & 1336
852 & 1477
941 & 1633

6.4.2.8 Essai n° 7 – Essai de stabilité

L'objet de cet essai est de vérifier que l'annuleur d'écho restera stable pour les signaux à bande étroite.

La méthode d'essai peut être définie comme suit: le registre H étant initialement vidé et le processeur non linéaire étant neutralisé, l'annuleur d'écho est mis à converger sur le signal sinusoïdal. Après deux minutes, l'écho résiduel est mesuré en utilisant le signal appliqué.

Spécification

Le registre H de l'annuleur d'écho H étant initialement vidé et après l'application à R_{in} d'un signal comportant une seule fréquence à l'exception de celles identifiées au Tableau 3 du test n° 8, pour toutes les valeurs de $L_{Rin} \geq -30$ dBm0 et $\leq +3$ dBm0 et pour toutes les valeurs d'affaiblissement $ERL \geq 6$ dB, avec un retard de trajet d'écho $t_d \leq \Delta$ ms, il convient que les niveaux d'écho résiduel mesurés deux minutes après soient inférieurs ou égaux à ceux indiqués à la Figure 22.

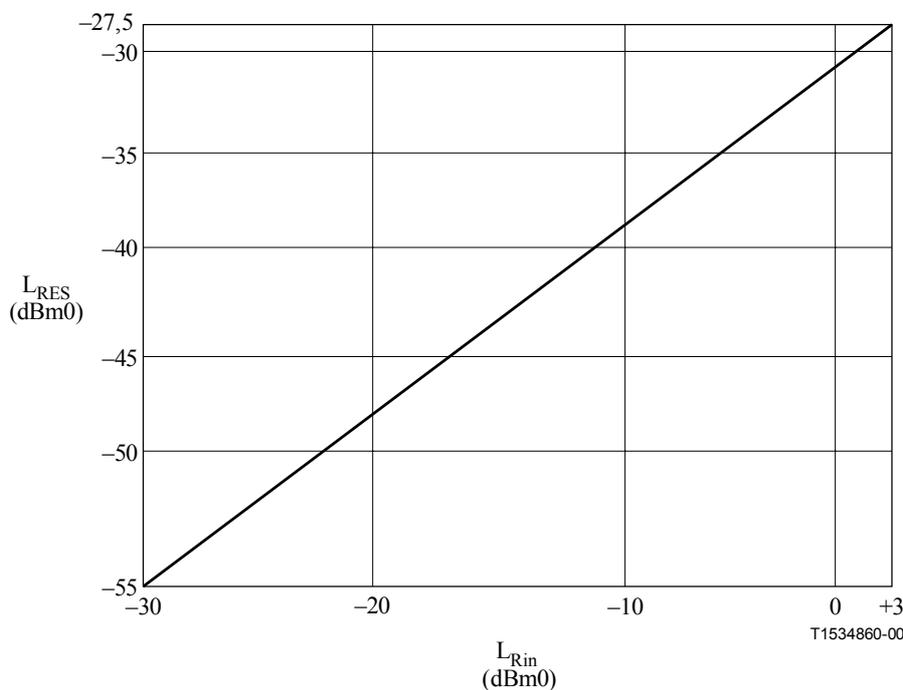


Figure 22/G.168 – Prescriptions de performances pour l'essai 7

6.4.2.9 Essai n° 8 – Absence de convergence des annuleurs d'écho sur les systèmes de signalisation dans la bande n° 5, 6 et 7 spécifiques à l'UIT-T et sur les tonalités de contrôle de continuité (essai facultatif)

Il convient que les annuleurs d'écho qui ne sont pas neutralisés par commande externe du commutateur et qui se trouvent du côté ligne des systèmes de signalisation n° 5, 6 et 7 dans les centraux internationaux ou qui sont associés à des centraux nationaux, fonctionnent correctement avec des tonalités spécifiques de contrôle de continuité et de signalisation dans la bande. Cet essai a pour objet de s'assurer que les annuleurs d'écho ne supprimeront ni n'annuleront un signal constitué d'une fréquence ou de deux fréquences quand il est transmis lors d'une procédure de prise de contact dans le sens émission, avant ou après la réception d'un signal identique (sauf pour l'amplitude et la phase) dans le sens réception. Ceci doit permettre une transmission correcte des signalisations spécifiques ou des tonalités de contrôle de continuité sans neutraliser l'annuleur d'écho par une commande externe. Il convient que le processeur non linéaire soit activé.

Pour un annuleur d'écho équipé de cette capacité optionnelle, l'annuleur d'écho est initialement convergé à l'aide du signal CSS vers tout trajet d'écho ayant un affaiblissement ERL ≥ 6 dB, et un retard de trajet d'écho $t_d \leq \Delta$. Par simplification, l'état de convergence achevée pour un affaiblissement ERL de 6 dB peut être choisi. Le signal CSS est d'abord supprimé puis le trajet d'écho est ouvert. Ensuite, un signal quelconque du Tableau 3 est appliqué en S_{in} . En moins de 90 ms (avant ou après l'application du signal en S_{in}), le même signal est appliqué en R_{in} . Après le délai de détection, le niveau de sortie en S_{out} est mesuré. Le niveau de crête de chaque signal sinusoïdal appliqué est équivalent au niveau de crête d'une sinusoïde avec un niveau efficace M tel que $-18 \leq M \leq +3$ dBm0.

Le temps de réponse de l'annuleur d'écho doit être suffisamment long pour assurer une immunité contre un déclenchement intempestif dû aux signaux vocaux. Mais il ne doit pas être trop long afin de ne pas retarder inutilement l'apparition du signal dans le réseau.

Spécification

Il convient que le niveau en S_{out} , tel qu'il est mesuré à l'aide de la méthode 6.4.1.2.1, ne varie pas plus de 2 dB par rapport au niveau en S_{in} . Il convient que l'annuleur d'écho réponde aux signaux (temps de détection) en moins de 1 s après application.

Tableau 3/G.168 – Tonalités de signalisation applicable

Systeme 5	Systeme 6	Systeme 7
2400 \pm 6 Hz	2000 \pm 20Hz	2000 \pm 20 Hz
2600 \pm 6 Hz		1780 \pm 20 Hz
2400 \pm 6 Hz & 2600 \pm 6 Hz		

6.4.2.10 Essai n° 9 – Essai relatif au bruit de confort

Cet essai a pour objet de s'assurer que l'annuleur d'écho peut fournir un signal de bruit de confort sur l'accès S_{out} qui s'apparente au bruit reçu à l'accès S_{in} . Il permet également de vérifier la capacité de l'annuleur à adapter le niveau de ce signal de bruit de confort pour compenser les variations du niveau de bruit d'entrée. Etant donné que cet essai n'a pas pour objet de tester la capacité d'annulation d'écho, un affaiblissement ERL de 8 dB est utilisé pour l'ensemble de l'essai. Il convient que les étapes de cet essai soient appliquées successivement. Les valeurs de fonctionnement sont comprises entre -60 dBm0 et -40 dBm0. Du bruit blanc est utilisé pour cet essai. Il convient que le traitement non linéaire et l'option de bruit de confort soient activés.

6.4.2.10.1 Partie 1 (adaptation)

- 1) Mettre N à un niveau de bruit compris entre -50 dBm0 et -40 dBm0.
- 2) Mettre le niveau L_{Rin} à un niveau correspondant au silence (< -60 dBm0) et maintenir pendant une durée de 30 secondes.
- 3) Mettre le niveau L_{Rin} à -10 dBm0.
- 4) Mesurer le niveau L_{RET} après une durée de 2 secondes.

Spécification

Pour toutes les valeurs de N , il convient que le niveau L_{RET} se situe à moins de 2,0 dB du niveau N . Il convient que cette valeur soit maintenue aussi longtemps que le niveau de bruit N reste constant.

6.4.2.10.2 Partie 2 (ajustement par valeurs décroissantes)

- 1) Réduire la valeur N de 10 dB par rapport au niveau de la Partie 1.
- 2) Mettre L_{Rin} à un niveau correspondant au silence (< -60 dBm0) et maintenir pendant 10 secondes.
- 3) Mettre le niveau L_{Rin} à -10 dBm0.
- 4) Mesurer le niveau L_{RET} après 2 secondes.

Spécification

Il convient que le niveau L_{RET} soit à moins de 2,0 dB du niveau N . Il convient que cette valeur soit également maintenue aussi longtemps que le niveau de bruit N reste constant.

6.4.2.10.3 Partie 3 (ajustement par valeurs croissantes)

- 1) Augmenter N de 10 dB par rapport au niveau de la partie 2.
- 2) Mettre L_{Rin} à un niveau correspondant au silence (< -60 dBm0) et maintenir pendant 10 secondes.
- 3) Mettre L_{Rin} à la valeur de -10 dBm0.
- 4) Mesurer le niveau L_{RET} après 2 secondes.

Spécification

Il convient que le niveau L_{RET} se situe à moins de 2,0 dB du niveau N . Il convient que cette valeur soit maintenue tant que le niveau de bruit N reste constant.

6.4.2.11 Essai n° 10 – Essai de télécopie pendant l'établissement de la communication

Cet essai a pour objet de s'assurer que les annuleurs d'écho situés à chaque extrémité d'une connexion convergent rapidement dès les séquences de procédure de prise de contact TELECOPIE initiale et de s'assurer également que l'annuleur d'écho dispose de certains dispositifs pour empêcher la génération d'écho indésirable par ces signaux. Cet essai est divisé en trois parties. L'essai 10A examine les caractéristiques de fonctionnement de l'annuleur d'écho situé du côté du poste demandeur et l'essai 10B examine les caractéristiques de fonctionnement du côté du poste demandé. L'essai 10C examine les caractéristiques de l'annuleur d'écho du côté du poste demandeur pendant la transmission de la page

L'essai a été conçu pour être réalisé en laboratoire en utilisant un annuleur d'écho et un simulateur de télécopie. Il convient que les essais soient menés séparément.

Il convient que cet essai soit effectué avec le dispositif de neutralisation par tonalité selon G.165/G.168 à l'état actif.

A cet effet, il convient que les signaux suivants soient appliqués (les bits sont transmis de gauche à droite). Le fanion initial se répète 37 fois pour chaque séquence.

Séquences d'essai de télécopie:

invitation à numéroté (CNG, *calling tone*)

états:

signal 1100 Hz \pm 38 Hz

durée actif pendant 0,5 s, inactif pendant une durée de 3 secondes (\pm 15%)

identification du poste demandé (CED, *called station identification*)

états:

signal 2100 Hz ± 15 Hz

durée 2,6 s – 4 s

séquences codées binaires**séquence n° 1 (poste demandé):****Trame de services non normalisés (NSF, *non-standard facilities*):**

Fanion	Champ d'adresse HDLC	Champ de commande HDLC	Champ de commande NSF	Champ d'information, 8 octets (pays, constructeur, numéro de code additionnel)	Séquence de vérification de trame	Fanion
0111 1110	1111 1111	1100 1000	0000 0100	0101 0101, 0101 0101, 0101 0101, ...	1010 1010	0111 1110

Trame d'identification de l'abonné demandé (CSI, *called subscriber identification*):

Fanion	Champ d'adresse HDLC	Champ de commande HDLC	Champ de commande CSI	Champ d'information, 20 octets (numéro de code du récepteur)	Séquence de vérification de trame	Fanion
0111 1110	1111 1111	1100 1000	0000 0100	0101 0101, 0101 0101, 0101 0101, ...	1010 1010	0111 1110

Trame du signal d'identification numérique (DIS, *digital identification signal*):

Fanion	Champ d'adresse HDLC	Champ de commande HDLC	Champ de commande du signal DIS	Champ d'information, 3 octets	Séquence de vérification de trame	Fanion
0111 1110	1111 1111	1100 1000	0000 0001	0101 0101, 0101 0101, 0101 0101	1010 1010	0111 1110

Séquence n° 2 (poste demandeur):**Trame de configuration non normalisée (NSS, *non-standard setup*):**

Fanion	Champ d'adresse HDLC	Champ de commande HDLC	Champ de commande NSS	Champ d'information, 3 octets	Séquence de vérification de trame	Fanion
0111 1110	1111 1111	1100 1000	1100 0100	0101 0101, 0101 0101, 0101 0101	1010 1010	0111 1110

Trame d'identification de l'abonné émetteur (TSI, *transmitting subscriber identification*):

Fanion	Champ d'adresse HDLC	Champ de commande HDLC	Champ de commande TSI	Champ d'information, 20 octets (numéro de code émetteur)	Séquence de vérification de trame	Fanion
0111 1110	1111 1111	1100 1000	1100 0010	0101 0101, 0101 0101, 0101 0101, ...	1010 1010	0111 1110

Trame du signal de commande numérique (DCS, *digital command signal*):

Fanion	Champ d'adresse HDLC	Champ de commande HDLC	Champ de commande DCS	Champ d'information, 20 octets (numéro de code émetteur)	Séquence de vérification de trame	Fanion
0111 1110	1111 1111	1100 1000	1100 0001	0101 0101, 0101 0101, 0101 0101, ...	1010 1010	0111 1110

Caractéristiques de transmission des données

La transmission des séquences n° 1 et n° 2 sur la voie téléphonique est obtenue au moyen de déplacements de fréquence (voir la Recommandation UIT-T V.21).

Caractéristiques:

Débit de signalisation synchrone	300 bit/s
Fréquence centrale de la bande	1750 Hz
Ecart de fréquences	± 100 Hz
Fréquences caractéristiques	1650/1850 Hz
Tolérances pour les fréquences caractéristiques	± 6 Hz

La fréquence caractéristique la plus élevée correspond à un "0" binaire.

6.4.2.11.1 Essai n° 10A – Fonctionnement de l'annuleur du côté du poste demandeur

La procédure d'essai de convergence consiste à mettre à zéro le registre H et à bloquer l'adaptation. Ensuite, l'adaptation est activée tandis que l'invitation à numéroté, l'identification du poste demandée et la séquence n° 1 sont appliqués (voir Figure 23). Pendant le temps d'adaptation, on mesure le niveau de retour d'écho/d'écho résiduel. Il convient que cet essai soit effectué avec le processeur non linéaire successivement activé et neutralisé.

Spécification

Le registre H étant initialement vidé et la valeur de L_{Rin} étant égale à -13 dBm0 pour l'ensemble de l'essai, les spécifications suivantes s'appliquent à toutes les valeurs d'affaiblissement d'adaptation pour l'écho (ERL) ≥ 6 dB et au retard de trajet d'écho $t_d \leq \Delta$ ms. Il convient que l'essai ait une durée minimale de 7 secondes pendant que l'identification du poste demandé et la séquence n° 1 sont appliqués. Répéter la séquence 1 si cela est nécessaire.

Zone I [convergence en cours sur la tonalité d'identification du poste demandé (CED)]

- il convient que les valeurs crêtes de L_{RES} (voir 6.4.1.2.2) soient inférieures ou égales à $(-13 - A_{ECHO})$ dBm0;
- il convient que la durée pour le passage dans la zone II soit inférieure ou égale à 0,15 s.

Zone II [convergence terminée sur la tonalité d'identification du poste demandé (CED)]

- il convient que les valeurs crêtes de L_{RES} (voir 6.4.1.2.2) soient inférieures ou égales à -37 dBm0.

Zone III (convergence en cours sur la séquence n° 1)

- il convient les valeurs crêtes de L_{RES} (voir 6.4.1.2.2) soient inférieures ou égales à $(-13 - A_{ECHO})$ dBm0;
- il convient que la durée pour le passage dans la zone IV soit inférieure ou égale à 1,1 s.

Zone IV (convergence terminée sur la séquence n° 1)

- il convient que les valeurs crêtes de L_{RES} (voir 6.4.1.2.2) soient inférieures ou égales à -24 dBm0.

Si le processeur non linéaire est activé, il convient que les valeur crêtes (voir 6.4.1.2.2) de L_{RET} soient inférieures ou égales à -37 dBm0 dans les Régions II et IV.

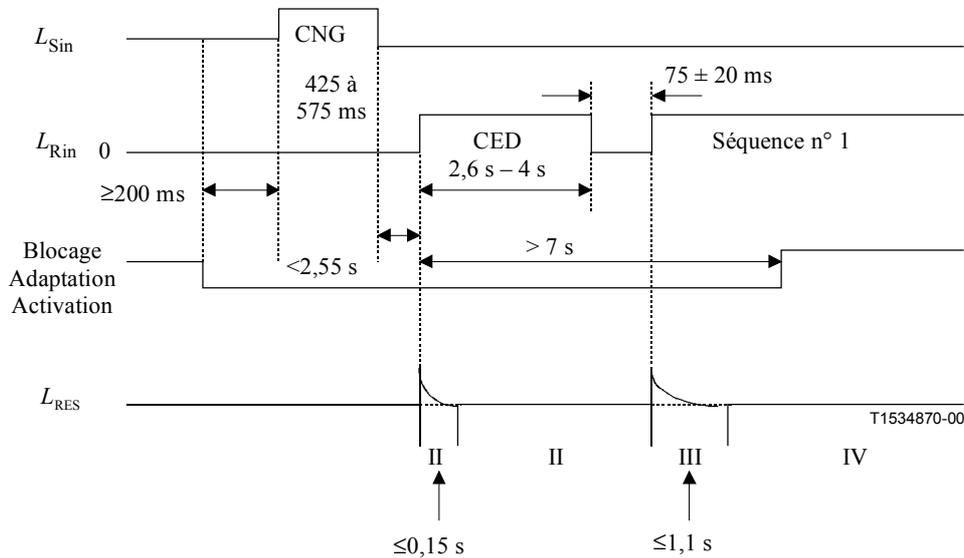


Figure 23/G.168 – Evolution des signaux dans le temps pour l'essai n° 10A

6.4.2.11.2 Essai n° 10B – Fonctionnement de l'annuleur du côté du poste demandé

La procédure relative à l'essai de convergence consiste à vider le registre H et à bloquer l'adaptation. Ensuite, l'adaptation est activée pendant au moins 10 s, alors que la séquence n° 2 est appliquée (voir Figure 24). Le niveau de retour d'écho/d'écho résiduel est mesuré pendant le temps d'adaptation. Il convient que cet essai soit effectué avec le processeur non linéaire (NLP) successivement activé et neutralisé.

Spécification

Avec le registre H initialement vidé et la valeur L_{Rin} égale à -13 dBm0 pour l'ensemble de l'essai, les prescriptions particulières suivantes s'appliquent à toutes les valeurs d'affaiblissement d'adaptation pour l'écho ≥ 6 dB et de retard de trajet d'écho $t_d \leq \Delta$ ms. Il convient que l'essai dure 10 secondes au minimum. Répéter la séquence 2 si cela est nécessaire.

Zone I (avec convergence en cours sur la séquence n° 2)

- il convient que les valeurs crêtes de L_{RES} (voir 6.4.1.2.2) soient inférieure ou égales à $(-13 - A_{ECHO})$ dBm0;
- il convient que le temps d'entrée dans la zone II soit inférieur ou égal à 1,1 seconde.

Zone II (convergence achevée sur la séquence n° 2)

- il convient que les valeurs crêtes de L_{RES} (voir 6.4.1.2.2) soient inférieures ou égales à -24 dBm0.

Si le processeur non linéaire est activé, il convient que les valeurs crêtes (voir 6.4.1.2.2) de L_{RET} soient inférieures ou égales à -37 dBm0 dans la Région II.

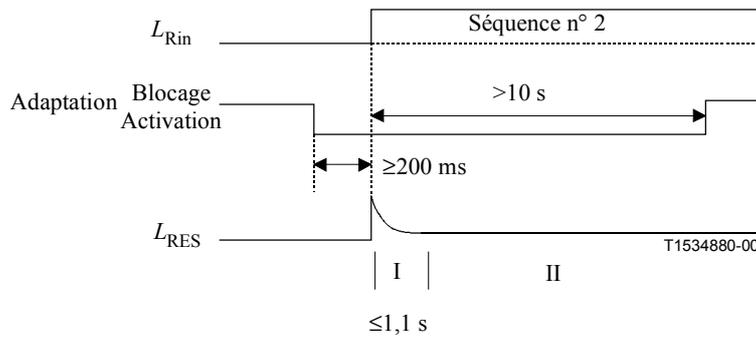


Figure 24/G.168 – Evolution des signaux dans le temps pour l'essai n° 10B

6.4.2.11.3 Essai n° 10C – Fonctionnement de l'annuleur du côté du poste demandeur pendant la transmission des pages et les coupures de page (cet essai fait l'objet d'un complément d'étude)

La Figure 25 montre la séquence d'échange de messages pour une transmission typique de télécopie composée de deux pages. La séquence commence par une procédure de prise de contact par échange de messages V.21 [26]. Les caractéristiques de fonctionnement des annuleurs d'écho à chaque extrémité de la liaison sont testés pendant cette période par les essais 10A et 10B. Cet essai a pour objet de vérifier le fonctionnement et les performances de l'annuleur d'écho du côté du poste demandeur pendant la transmission des pages et les coupures de page comme l'indique la Figure 25.

L'essai 10C utilise les fichiers de données A et B et les versions logicielles des modems FSK et PSK. L'essai décrit utilise une modulation V.29 [31] pour la transmission des données d'image mais peut être étendu pour couvrir différents types de modems tels que V.17 et V.27 *ter* [30] ainsi que différentes relations de synchronisation entre les signaux de prise de contact (représentés par le modem V.21 [26]) et la transmission de pages (représentée par le modem V.29 [31]). La relation de synchronisation représentée à la Figure 26 a été conçue pour simuler le protocole réel de télécopie T.30 [23].

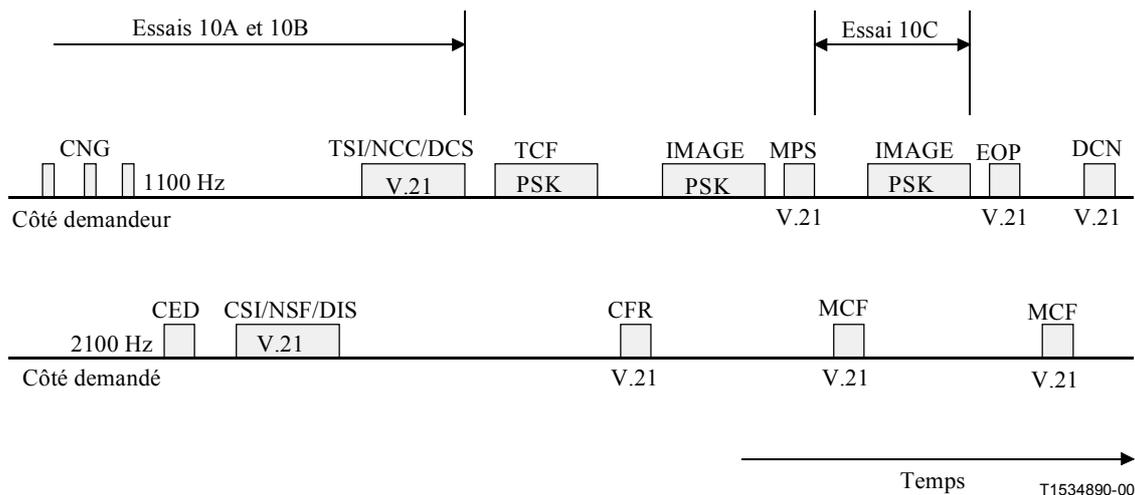
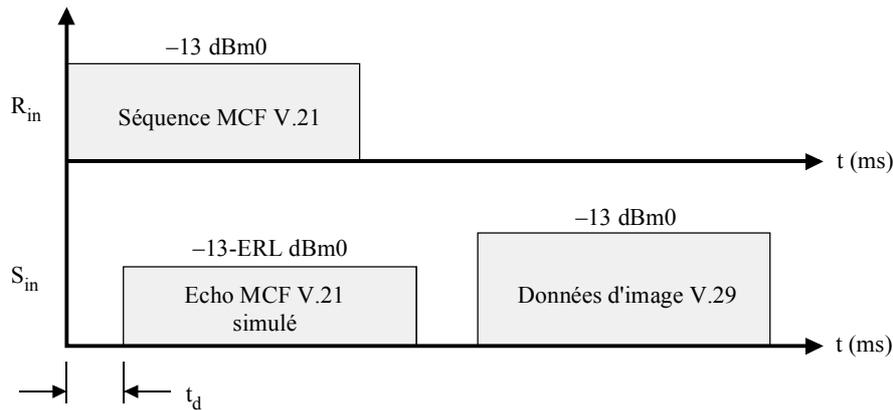
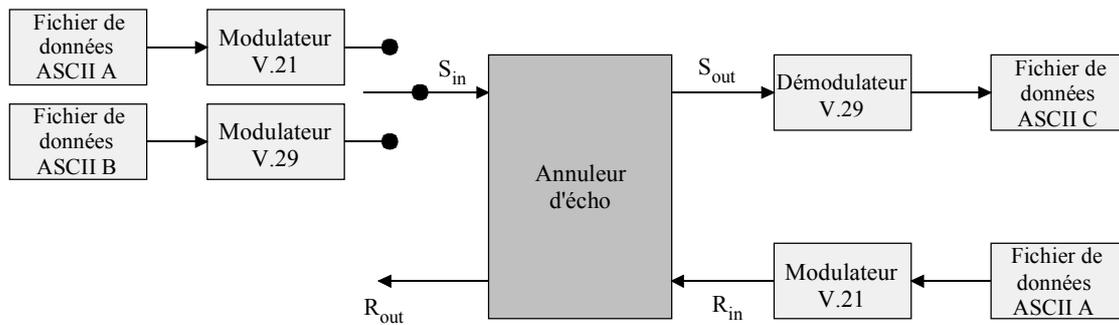


Figure 25/G.168 – Séquence d'échanges de messages pour une transmission typique de télécopie de deux pages



T1534900-00

Figure 26/G.168 – Fonctionnement de l'annuleur pendant la transmission des pages et les coupures de page

La procédure d'essai consiste à vider le registre H et à bloquer l'adaptation. L'adaptation est ensuite activée et l'annuleur est convergé en envoyant un fichier de données A via le modulateur V.21 [26] à l'accès R_{in} de l'annuleur d'écho (voir Figure 26). Ceci a pour objet de simuler le signal MCF transmis par le télécopieur appelé à la fin de la première page. Pour simuler le signal d'écho, le fichier de données A est également transmis (à l'aide du modulateur V.21) à l'entrée de l'annuleur d'écho S_{in} , à un niveau de ≥ 6 dB en-dessous de R_{in} et avec un décalage de synchronisation t_d . Le fichier de données B est ensuite transmis (en utilisant le modulateur V.29 [31]) à l'entrée S_{in} de l'annuleur d'écho.

Les données V.29 provenant de la sortie S_{out} de l'annuleur d'écho sont tout d'abord recueillies, stockées et démodulées hors ligne. Le fichier récupéré C est ensuite analysé. Les données provenant de la sortie R_{out} de l'annuleur d'écho sont supprimées (en supposant l'absence de dégradations).

Il convient de noter que dans la dernière version de T.30 [23], une tonalité de protection (EPT, *echo protect tone*) est spécifiée avant toutes les transmissions V.29 (TCF et données d'image). Ce signal EPT était à l'origine prévu pour "retourner" les supprimeurs d'écho et éviter un écrêtage frontal du TCF ou de données d'image. Dans le cas d'annuleurs d'écho, il facilite l'ouverture du processeur non linéaire avant la transmission du TCF ou de données d'image pour éviter toute corruption des données. Toutefois, de nombreuses implémentations de télécopieurs existantes n'incorporent pas le signal EPT, il n'a donc pas été inclus dans cet essai. A cet égard, cet essai représente un scénario correspondant au cas le plus défavorable.

Il convient que le processeur non linéaire soit prévu pendant cet essai. Il est à noter que certains annuleurs d'écho neutraliseront automatiquement le processeur non linéaire en détectant un appel de télécopieur.

Fichier de données A

Dans le tableau ci-dessous, toutes les données sont données en notation hexadécimale. Le fanion initial se répète 37 fois.

Fanion	Champ d'adresse HDLC	Champ de commande HDLC	Champ de commande MCF	Séquence de vérification de trame	Fanion
7E	FF	C8	B1	D4, 07	7E

Fichier de données B

Il convient que le fichier de données B soit pris sur le CD ROM UIT-T suivant:

Recommandation UIT-T T.24 (1998), *Série normalisée de mires numérisées*, document n° 1, lettre 'slerexe'.

Spécification

L'objectif visé est de comparer les résultats avec l'annuleur d'écho tout d'abord neutralisé puis activé. Les spécifications réelles font l'objet d'un complément d'étude. Il convient que les spécifications reposent sur une comparaison des fichiers B et C.

6.4.2.12 Essai n° 11 – Essai des annuleurs d'écho montés en cascade (cet essai fait l'objet d'un complément d'étude)

A l'étude. Voir l'Appendice I pour les autres précisions.

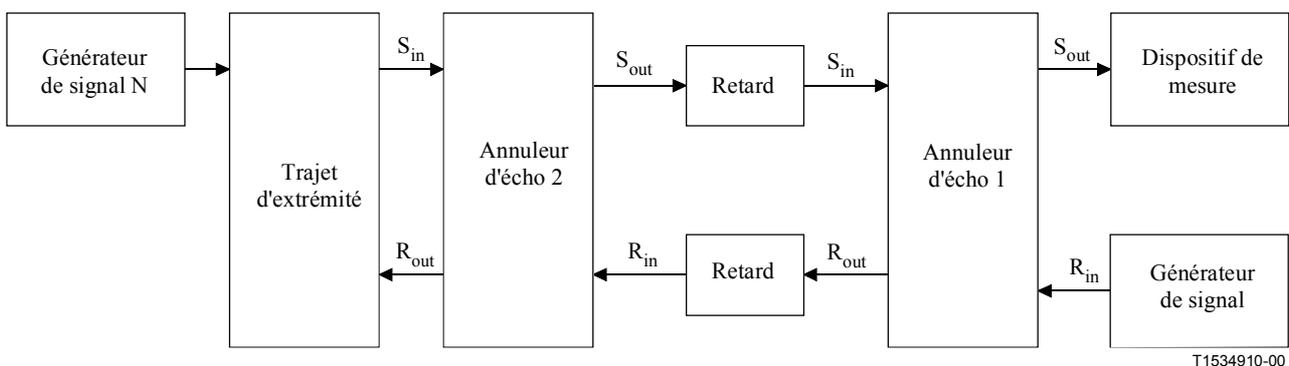


Figure 27/G.168 – Configuration d'essai n° 11

NOTE – Pour les essais 12 (voir 6.4.2.13) et 13 (voir 6.4.3.1).

6.4.2.13 Essai n° 12 – Essai d'écho acoustique résiduel (pour complément d'étude)

Cet essai est à l'étude. Voir les I.6.6, I.6.6.1 et I.6.6.2 de l'Appendice I pour de plus amples détails à ce sujet. Cet essai vise à vérifier la qualité de l'annuleur d'écho en présence d'écho acoustique résiduel et à garantir que sa performance en terme d'écho électrique ne sera pas trop dégradée en présence d'écho acoustique.

6.4.2.14 Essai n° 14 – Caractéristiques de fonctionnement avec des modems de données à faible vitesse de la série V

Cet essai a pour objet de s'assurer que les annuleurs d'écho ne dégraderont pas les caractéristiques de fonctionnement des modems à faible vitesse de la série V ($< 9,6$ kbit/s), y compris les modems V.22 *bis*, qui n'envoient pas une tonalité de neutralisation à 2100 Hz avec des inversions de phase. Le taux d'erreurs sur les bits est mesuré pendant que les annuleurs d'échos sont en service dans un réseau simulé auquel sont connectés des modems de données à faible vitesse.

L'annuleur d'écho est disposé dans la configuration d'essai de la Figure 28. Le registre H est vidé, le processeur non linéaire (NLP) est activé et les modems sont autorisés à démarrer l'apprentissage. Ils sont ensuite mis en fonctionnement pendant une durée minimale de trois minutes. Il convient que l'essai soit répété avec l'annuleur d'écho qui est à la fois neutralisé et activé, avec un taux d'erreurs sur les bits qui est contrôlé.

Un choix spécifique de modems devra être soumis aux essais par les Administrations, selon les types de modems les plus sensibles et les plus fréquents sur le réseau. Dans le montage d'essai, il convient que les simulateurs de câbles 2 fils et les circuits différentiels simulent la portée réelle des trajets d'écho que l'annuleur d'écho soumis aux essais est supposé pouvoir traiter.

Pour le circuit différentiel, cela signifie que le réseau d'équilibrage équivalent devra être spécifié. (Note: des exemples de réseaux d'équilibrage types sont fournis à la Figure 11/Q.552 [21]).

En ce qui concerne le simulateur de câble, cela signifie que les principaux paramètres de câble, par exemple ohms/km et nF/km pour les câbles non chargés devront être spécifiés. Il convient que la longueur du câble simulé soit variable. Il convient que les jeux d'essai incluent les longueurs minimale et maximale, de même que la longueur pour laquelle le plus grand affaiblissement d'écho pondéré, calculé selon la Recommandation UIT-T G.122 [2], est obtenu.

Il convient que les circuits différentiels et les simulateurs de câbles soient égaux de chaque côté du montage d'essai.

Spécification

Il est recommandé que les valeurs pour les réglages soient conformes à ce qui suit:

R1, R2 = 6 dB pour simuler l'affaiblissement d'entrée/sortie

T1 = 3 dB à 9 dB (3 dB est le niveau nominal, 9 dB simule un décalage de niveau de 6 dB)

T2 = 3 dB

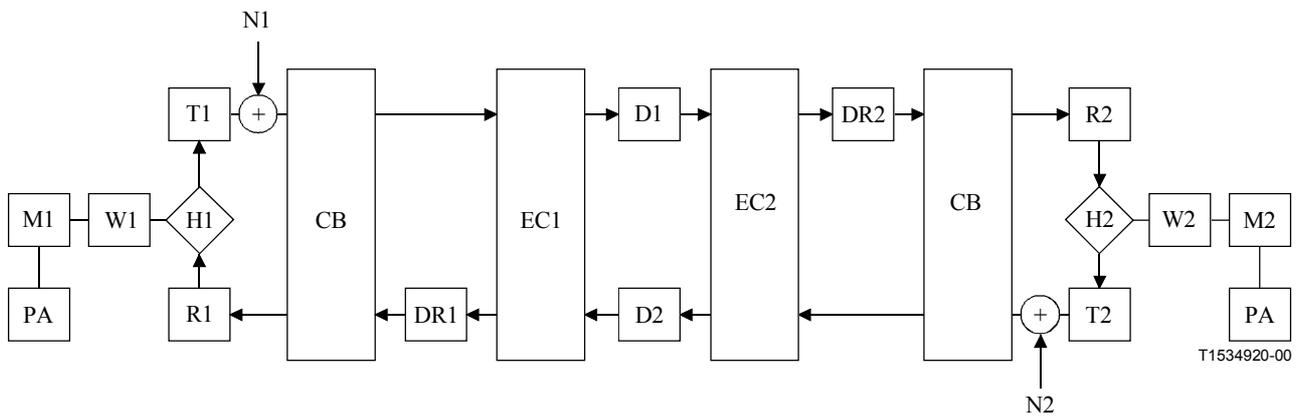
DR1, DR2 = retard du trajet d'écho $\leq \Delta$ ms

M1, M2 = niveaux de transmission des données de modem compris entre -8 dBm et -20 dBm

N1, N2 = réglé pour produire des rapports signal à bruit non inférieurs à 25 dB mais pas de bruit

D1, D2 = réglé pour produire un temps de propagation aller et retour pouvant atteindre 520 ms, avec $D1 = D2$.

Avec le registre H initialement vidé et le processeur non linéaire activé, pour les conditions spécifiées ci-dessus, il convient que le pourcentage d'erreurs sur les données n'augmente quand l'annuleur d'écho passe de l'état de neutralisation à l'état d'activation, lorsque des données sont échangées entre les deux terminaux pendant une durée d'au moins trois minutes.



CB	Bloc de voie	H1	Circuit différentiel	R1	Ligne d'affaiblissement de réception
D1	Retard longue distance	H2	Circuit différentiel	R2	Ligne d'affaiblissement de réception
D2	Retard longue distance	M1	Modem soumis aux essais	T1	Ligne d'affaiblissement d'émission
DR1	Retard du trajet d'écho	M2	Modem soumis aux essais	T2	Ligne d'affaiblissement d'émission
DR2	Retard du trajet d'écho	N1	Générateur de bruit	W1	Simulateur de ligne
EC1	Annuleur d'écho	N2	Générateur de bruit	W2	Simulateur de ligne
EC2	Annuleur d'écho	PA	Analyseur de protocole		

Figure 28/G.168 – Configuration d'essai n° 14

6.4.3 Trajets d'écho non linéaires

Tous les essais relatifs aux trajets d'écho non linéaires sont facultatifs, sauf indication contraire.

Voir les I.5.3, I.5.4, I.6.2, I.6.3, I.6.6 et I.7/Appendice I pour les autres précisions.

6.4.3.1 Essai n° 13 – Caractéristiques de fonctionnement avec des codeurs à faible débit de l'UIT-T sur le trajet d'écho (Facultatif – Fait l'objet d'un complément d'étude)

A l'étude. (Cet essai a pour objet d'établir un tableau des objectifs relatifs aux caractéristiques de fonctionnement pour chaque codeur/algorithmes.) Une configuration d'essai préliminaire est indiquée à la Figure 29.

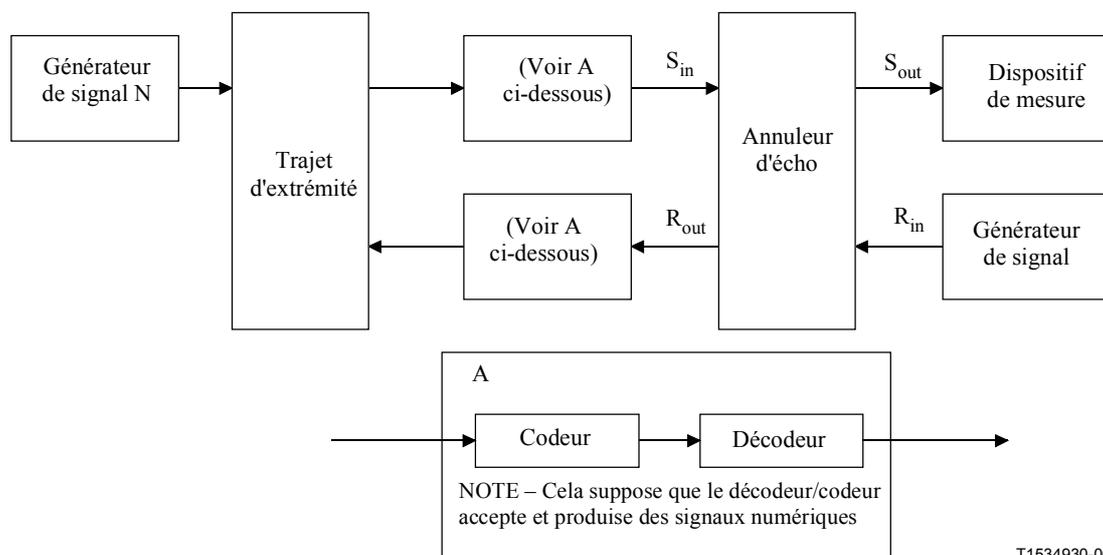


Figure 29/G.168 – Configuration d'essai n°13

6.4.3.2 Essai n° 15 – Essai de variations du signal codé en MIC (Facultatif – Cet essai fait l'objet d'une étude complémentaire)

Cet essai a pour objet de s'assurer que l'annuleur d'écho fonctionnera correctement en présence d'une variation MIC dans le signal de parole appliqué en S_{in} .

La variation MIC est un niveau de signal indésirable du niveau de signal MIC dans le signal S_{in} relativement au signal R_{out} . Cela peut être provoqué par certains équipements de réseau, tels que les autocommutateurs privés, et peut conduire à une dégradation des performances de l'annuleur d'écho et d'autres équipements de traitement de la parole. La méthode consiste à appliquer une erreur de variation MIC au signal S_{in} relativement au signal R_{in} comme l'indique la Figure 30.

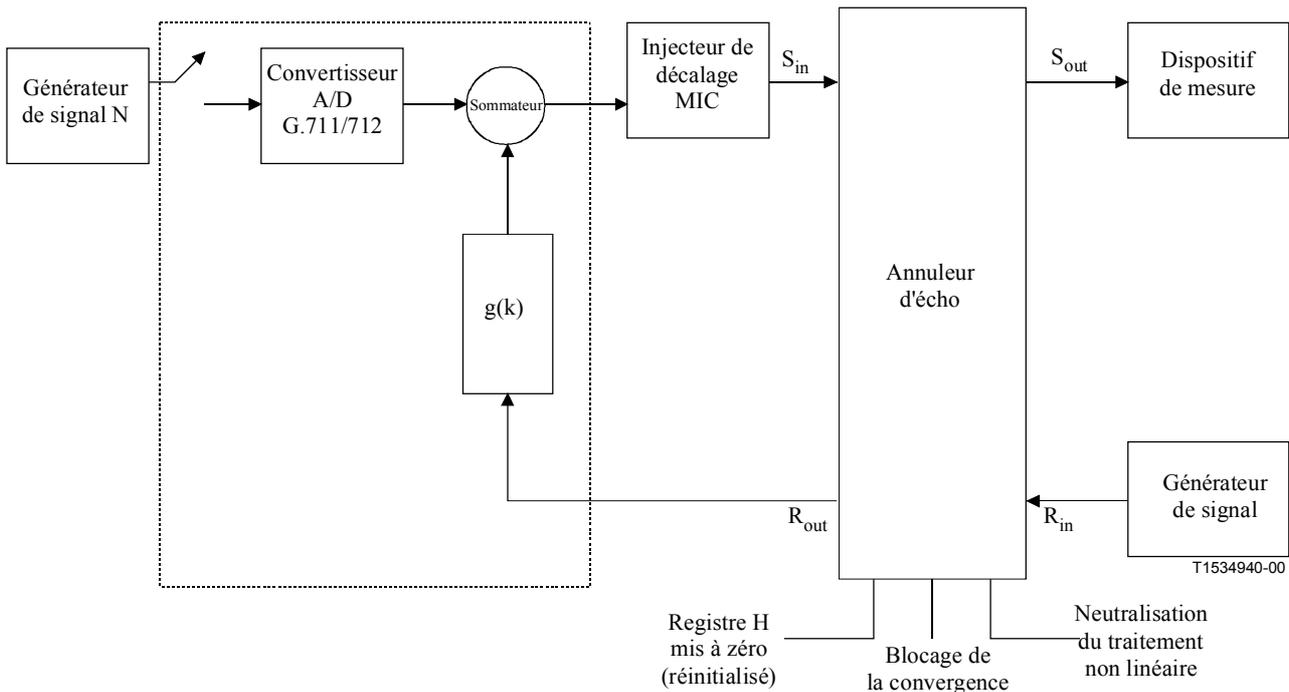


Figure 30/G.168 – Configuration d'essai pour l'essai de variation MIC

7 Caractéristiques d'un dispositif de neutralisation par tonalité d'annuleur d'écho

7.1 Généralités

Il convient que les annuleurs d'écho traités par la présente Recommandation UIT-T soient équipés d'un détecteur de tonalité satisfaisant les spécifications énumérées dans le présent sous-paragraphe. Il y a lieu que ce détecteur de tonalité ne désactive l'annuleur d'écho que lors de la détection d'un signal constitué par une tonalité à 2100 Hz avec inversions de phase périodiques insérées; et ne désactive pas l'annuleur d'écho avec tout autre signal dans la bande, par exemple la parole, ou une tonalité à 2100 Hz sans inversions de phase. Il convient que le dispositif de neutralisation par tonalité détecte et réagisse à un signal de neutralisation pouvant être présent sur le trajet d'émission ou de réception.

Afin d'améliorer le fonctionnement de l'annuleur d'écho en présence de signaux de télécopie et de données à basse vitesse dans la bande vocale, il peut être utile à certains annuleurs d'écho de désactiver le processeur non linéaire (NLP) pendant de telles communications. Dans ce cas, l'annuleur d'écho peut, facultativement, détecter d'éventuelles tonalités à 2100 Hz sans inversions de phase, auquel cas il doit rester activé avec neutralisation facultative du processeur NLP. Les caractéristiques de réponse en fréquence du détecteur de tonalité sont indiquées dans la Figure 31.

Les caractéristiques du dispositif de neutralisation par tonalité, spécifiées dans les 7.4 à 7.9, sont également applicables à ce détecteur-désactivateur de processeur NLP. Noter que si la tonalité à 2100 Hz contient des inversions de phase, l'annuleur d'écho doit être désactivé comme défini ailleurs dans le présent sous-paragraphe.

Le terme "neutralisé" utilisé dans le présent sous-paragraphe fait référence à un état dans lequel se trouve l'annuleur d'écho de telle façon que les signaux qui le traversent dans un sens ou dans l'autre ne soient pas modifiés. Dans cet état, aucune estimation d'écho n'est soustraite du trajet d'écho, le processeur non linéaire est en mode transparent et le retard engendré par l'annuleur d'écho satisfait toujours les conditions spécifiées au point 6.4.1. Il convient cependant, qu'aucune relation ne soit établie entre les caractéristiques du circuit avant et après la neutralisation. Tout d'abord, le fonctionnement des annuleurs d'écho avec des tonalités d'entrée (telles que la tonalité de neutralisation) n'est pas spécifié. Ensuite, la réponse impulsionnelle enregistrée dans l'annuleur d'écho avant la convergence (et avant l'émission de la tonalité de neutralisation) est arbitraire. Cela peut apparaître comme des trajets d'écho supplémentaires lesquels, dans certaines implémentations d'annuleur d'écho, restent inchangés tant que la tonalité de neutralisation n'est pas détectée. Il convient de noter également que des supprimeurs d'écho pourraient se trouver sur le même circuit et aucune relation n'est spécifiée entre les retards à l'état activé et à l'état neutralisé. Malgré ce qui précède, il est possible de mesurer par exemple le temps de propagation aller et retour d'un circuit avec la tonalité de neutralisation, mais il convient d'utiliser le front arrière des rafales de tonalité et d'allouer un temps suffisant pour permettre la neutralisation de tous les dispositifs, avant de mettre fin à la tonalité de neutralisation et de commencer le comptage.

Il convient de noter qu'une fois neutralisé, l'annuleur d'écho doit assurer l'intégrité de séquence binaire à 64 kbit/s.

Un modèle de dispositif de neutralisation de référence par tonalité est décrit à l'Annexe A.

7.2 Caractéristiques du dispositif de neutralisation

Le détecteur de tonalité doit fonctionner dans la gamme de fréquence de 2100 Hz \pm 21 Hz (voir Recommandation UIT-T V.21 [26]). La largeur de la voie de détection doit être choisie de façon à être suffisante pour inclure cette tonalité (et, le cas échéant, d'autres tonalités de neutralisation utilisées à l'intérieur de réseaux nationaux). En même temps, il y a lieu que la voie de détection ait une largeur de bande telle que, en association avec la bande de garde et avec la synchronisation, une protection adéquate soit assurée contre un fonctionnement erroné du détecteur par des signaux de parole. La sensibilité de la voie du détecteur (seuil) doit normalement être telle que le détecteur fonctionne avec la valeur de puissance la plus basse escomptée de la tonalité de neutralisation. Les caractéristiques de bande indiquées dans la Figure 31 permettront la neutralisation par la tonalité de neutralisation de 2100 Hz ainsi que d'autres tonalités utilisées en Amérique du Nord. Cette figure indique que la détection **doit** être possible dans la bande de fréquence de 2079 Hz à 2121 Hz, tandis qu'elle **peut** intervenir dans la bande de 1900 Hz à 2350 Hz.

Etant entendu que seule la tonalité de neutralisation à 2100 Hz est utilisée à l'échelle internationale, les brouillages avec les équipements de signalisation seront évités.

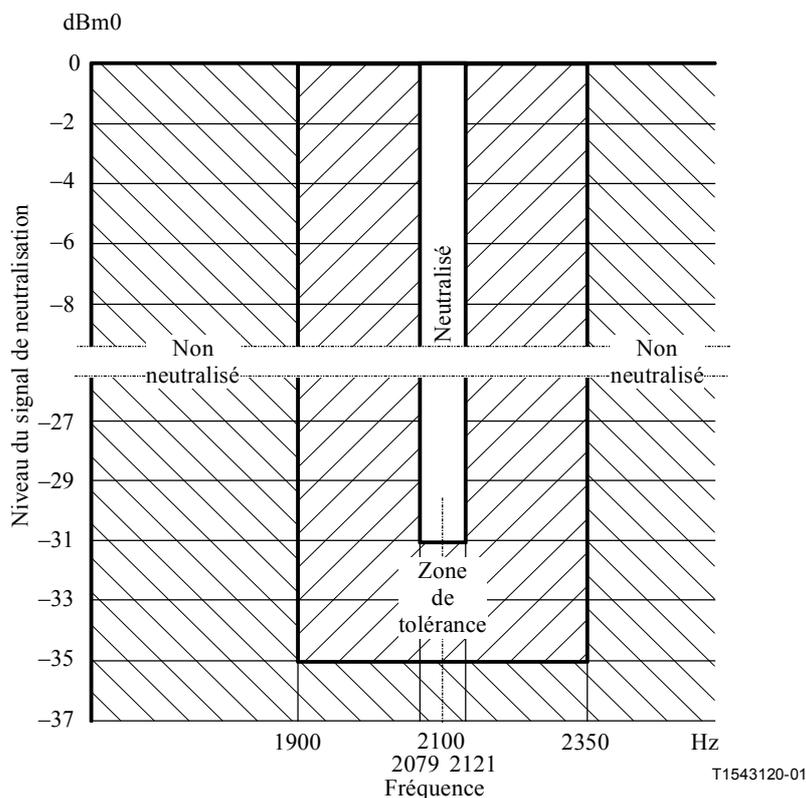


Figure 31/G.168 – Caractéristiques requises de la bande de neutralisation

Le dispositif de neutralisation d'annuleur d'écho nécessite la détection d'une tonalité à 2100 Hz avec des inversions de phase sur cette tonalité. Les caractéristiques du signal transmis sont définies dans les Recommandations UIT-T V.25 [28] et V.8 [25]. Il convient que des variations de phase dans la gamme de valeurs de $180^\circ \pm 25^\circ$ soient détectées alors qu'il convient que celles dans la gamme de $0^\circ \pm 110^\circ$ ne soient pas détectées.

Il convient que la gamme dynamique de ce détecteur soit compatible avec les niveaux d'entrée tels qu'ils sont spécifiés dans la Recommandation UIT-T V.2 avec des marges de variation qui ont été introduites pour le réseau téléphonique public commuté.

7.3 Caractéristiques de la bande de garde

Il y a lieu que le détecteur fonctionne parfaitement avec un niveau de bruit blanc inférieur ou égal à 11 dB en dessous du niveau du signal à 2100 Hz. Aucune orientation définitive ne pourra être donnée pour la gamme comprise entre 5 et 11 dB, à cause des variations dans les équipements d'essai utilisés. En particulier, les caractéristiques peuvent varier avec le rapport valeur crête/valeur moyenne du générateur de bruit utilisé. Il convient cependant, en général, que le pourcentage de fonctionnement correct (détection des variations de phase de $180^\circ \pm 25^\circ$ et non-détection des variations de phase de $0^\circ \pm 110^\circ$) ne baisse pas de plus de 1% pour chaque décroissance de 1 dB dans le rapport signal sur bruit en dessous du niveau de 11 dB. Il convient de noter qu'il est possible de concevoir un détecteur capable de fonctionner parfaitement avec un rapport signal sur bruit de 5 dB.

7.4 Caractéristiques de la bande de maintien

Il convient que le détecteur de tonalité, après neutralisation du processeur NLP ou de l'annuleur d'écho, maintienne ces dispositifs dans l'état neutralisé pour des tonalités se trouvant à l'intérieur de la gamme de fréquences spécifiée ci-dessous. Il convient que la sensibilité de libération soit suffisante pour maintenir la neutralisation pour le plus faible niveau prévu des signaux de données, mais soit telle que le détecteur relâche pour la valeur maximale du circuit au repos ou du circuit occupé. La spécification est la suivante:

il est recommandé que le détecteur de tonalité maintienne le processeur NLP ou l'annuleur d'écho dans l'état neutralisé pour toute sinusoïde à fréquence unique dans la bande comprise entre 390 et 700 Hz ayant un niveau de -27 dBm0 ou davantage et entre 700 et 3 000 Hz ayant un niveau de -31 dBm0 ou davantage. Il convient que le dispositif de neutralisation par tonalité relâche pour n'importe quel signal dans la bande comprise entre 200 et 3 400 Hz ayant un niveau de -36 dBm0 ou moins.

7.5 Temps de réaction

Il convient que le temps de réaction soit suffisamment long pour assurer une protection contre les fausses détections pouvant provenir de signaux vocaux, sans être trop long pour ne pas augmenter inutilement le temps de neutralisation. Un temps de réaction inférieur à une seconde est exigé du dispositif de neutralisation par tonalité à compter de la réception du signal de neutralisation.

7.6 Fausses détections dues à des courants vocaux

Il est souhaitable que le dispositif de neutralisation par tonalité ne fasse que rarement des fausses détections sur de la parole. A cet effet, il est souhaitable que, pour un annuleur d'écho installé sur un circuit en fonctionnement, des courants vocaux usuels ne provoquent pas en moyenne plus de 10 fausses détections pendant une durée de 100 heures. Outre la protection contre les silences fournie par la largeur de bande des canaux de neutralisation, par le principe de la bande de garde et par le temps de réaction, la protection contre les coupures de la parole peut être fournie par reprise du cycle du temps de réaction. C'est-à-dire que si la parole réelle qui simulerait le signal de neutralisation est interrompue en raison des pauses intersyllabes avant que la neutralisation intervienne, il convient de réinitialiser le mécanisme de temps de réaction. Cependant, l'absence momentanée ou le changement de niveau d'un signal de neutralisation réel ne doit pas réinitialiser le mécanisme du temps de réaction.

7.7 Fausses détections dues à des signaux de données

Il est souhaitable que le dispositif de neutralisation par tonalité ne fasse que rarement des fausses détections sur des signaux de données provenant d'ensembles de données pour lesquels la neutralisation de l'annuleur d'écho aurait des conséquences néfastes. A cet effet, un objectif souhaitable est que, pour un annuleur d'écho installé sur un circuit en fonctionnement, des signaux de données habituels provenant de tels ensembles de données ne provoqueraient pas en moyenne plus de 10 fausses détections pendant une durée de 100 heures de transmission de données.

7.8 Temps de libération

Il convient que le dispositif de neutralisation ne se libère pas pour des coupures de signaux inférieures à la valeur de 100 ms recommandée par l'UIT-T. Afin de provoquer une dégradation minimale lors de la neutralisation accidentelle par de la parole, il convient qu'il se libère en moins de 250 ± 150 ms après qu'un signal soit passé de la bande de maintien à une valeur d'au moins 3 dB en dessous de la sensibilité maximale de la bande de maintien dans les deux sens de transmission des signaux.

7.9 Autres considérations

L'écho de la tonalité de neutralisation et l'écho de la tonalité d'appel peuvent tous deux perturber la détection de la tonalité de neutralisation de l'annuleur d'écho. Ainsi, il n'est pas recommandé d'additionner les signaux des entrées d'émission et de réception qui constitueraient un signal d'entrée pour un détecteur unique.

Il convient de veiller en particulier au nombre d'inversions de phase nécessaires à la détection de la tonalité de neutralisation. Certaines administrations préfèrent compter sur une inversion pour améliorer la probabilité de détection, même en présence de glissements, de bruit impulsif et d'un faible rapport signal à bruit. D'autres administrations préfèrent compter sur deux inversions pour améliorer la probabilité de distinguer les tonalités à 2100 Hz sans inversion de phase et avec inversion de phase.

8 Processeurs non linéaires utilisés dans les annuleurs d'écho

8.1 Domaine d'application

Pour les besoins de la présente Recommandation UIT-T, le terme "processeur non linéaire" ne désignera que les dispositifs entrant dans le cadre des définitions données en 1.3 et qui se sont avérées être efficaces dans les annuleurs d'écho. Il est possible d'implémenter les processeurs non linéaires de maintes façons (les écrêteurs de centre étant uniquement un exemple), avec des caractéristiques de fonctionnement fixes ou adaptatives, mais aucune recommandation n'est faite en vue d'une implémentation particulière. Les principes généraux et les directives sont indiqués au 8.2. Des informations plus détaillées et concrètes nécessitent qu'il soit fait référence à des implémentations spécifiques. On trouvera à l'Annexe B le cas particulier d'un "processeur non linéaire de référence". L'utilisation de ce terme indique un mode d'implémentation donné uniquement à des fins d'orientation et d'illustration. Elle n'exclut pas d'autres implémentations ni n'implique que la référence au processeur non linéaire soit nécessairement la plus appropriée pour des raisons techniques, d'exploitation ou économiques.

8.2 Principes généraux et directives

8.2.1 Fonctions

8.2.1.1 Généralités

Le processeur non linéaire se trouve sur le trajet d'émission entre la sortie du soustracteur et la sortie émission de l'annuleur d'écho. De façon schématique, il s'agit d'un dispositif qui bloque les signaux à niveau faible et laisse passer les signaux à niveau fort. Sa fonction est de réduire encore davantage le niveau d'écho résiduel (niveau L_{RES} comme cela est défini au 1.3.21) qui subsiste après une annulation imparfaite de l'écho du circuit de sorte qu'un niveau nécessairement faible de retour d'écho (L_{RET} comme cela est défini au 1.3.22) puisse être obtenu.

8.2.1.2 Caractéristiques de fonctionnement du réseau

Une annulation imparfaite peut se produire parce que les annuleurs d'écho qui sont conformes à la présente Recommandation UIT-T peuvent ne pas pouvoir trouver de modèle d'écho satisfaisant pour les trajets d'écho produisant des niveaux importants de distorsion non linéaire (voir I.6.2). Une telle distorsion, par exemple, dans des réseaux conformes à la Recommandation UIT-T G.113 dans lesquels jusqu'à cinq couples de codecs MIC (conformément à la Recommandation UIT-T G.712 [10]) sont autorisés sur un trajet d'écho. La distorsion cumulée des quantifications par ces codecs peut empêcher un annuleur d'écho d'atteindre le niveau L_{RET} nécessaire en utilisant des techniques d'annulation uniquement. Il est donc souhaitable que tous les annuleurs d'écho dont le modèle d'écho n'est estimé que sur les composantes linéaires du trajet d'écho et qui sont destinés à l'usage dans le

réseau général incorporent des processeurs non linéaires appropriés. Pour les cas particuliers de réseau à retard faible ou à affaiblissement d'adaptation pour l'écho élevé, il peut être possible de neutraliser le processeur non linéaire dans un annuleur d'écho en conservant une valeur suffisamment élevée du renforcement d'affaiblissement d'adaptation pour l'écho (ERLE). Cela peut aboutir à une qualité totale de parole qui est supérieure, étant donné que le processeur non linéaire provoque parfois des dégradations de la parole.

8.2.1.3 Limitations

Cette utilisation du processeur non linéaire représente un compromis pour la transparence du circuit qui serait possible d'obtenir avec un annuleur d'écho pouvant atteindre la valeur L_{RET} souhaitée en utilisant uniquement des techniques d'annulation et des techniques de modélisation d'écho. Il convient théoriquement que le processeur non linéaire ne distorde pas la parole du côté local. Il peut ne pas être possible, dans des réalisations pratiques, de se rapprocher suffisamment de ce cas théorique. Il est souhaitable, dans un tel cas, de ne pas activer le processeur non linéaire dans les conditions de parole simultanée ou de monologue du côté local. Par conséquent, il convient de ne pas dépendre excessivement du processeur non linéaire et d'assurer un niveau L_{RES} suffisamment faible pour empêcher un écho extrêmement désagréable dans les conditions de parole simultanée.

8.2.1.4 Transmission des données

Le processeur non linéaire peut avoir des conséquences sur la transmission des données lorsqu'un annuleur d'écho est actif. Ceci est à l'étude.

8.2.2 Seuil de suppression

8.2.2.1 Généralités

Le niveau du seuil de suppression (T_{SUP} , *suppression threshold level*) d'un processeur non linéaire est exprimé en dBm0 et est égal au niveau le plus élevé d'un signal sinusoïdal au moment où il est supprimé. Pour le seuil de suppression, on peut utiliser des niveaux fixes ou adaptatifs.

8.2.2.2 Seuil de suppression fixe

Avec un niveau de seuil de suppression fixe, le niveau approprié à utiliser dépendra de l'annulation obtenue et des statistiques de niveau de parole, de même que des caractéristiques de ligne existant dans le réseau spécifique dans lequel l'annuleur d'écho doit être utilisé. Les valeurs de seuil de suppression fixe devant être utilisées sont à l'étude: voir les Notes 1 et 2.

NOTE 1 – Provisoirement, il est suggéré que le niveau de seuil de suppression soit fixé à quelques décibels au-dessus du niveau qui aurait pour résultat de supprimer des *valeurs crêtes* du niveau L_{RES} pour un "locuteur de 2 s" et un "affaiblissement d'adaptation pour l'écho de 2 s".

NOTE 2 – Les résultats d'un essai sur site qui ont été communiqués par une Administration ont indiqué qu'un niveau de seuil de suppression de -36 dBm0 donnait des résultats satisfaisants. Une étude théorique effectuée par une autre Administration sur un trajet d'écho contenant cinq couples de codecs MIC ont montré que pour une valeur L_{Rin} de -10 dBm0, le bruit de quantification pouvait permettre d'obtenir une valeur L_{RES} de -38 dBm0.

8.2.2.3 Seuil de suppression adaptatif

Un bon compromis peut être trouvé entre l'utilisation d'une valeur T_{SUP} élevée pour empêcher que cette valeur ne soit dépassée par l'écho résiduel de la personne qui parle fort et celle d'une valeur de seuil T_{SUP} faible afin de réduire la distorsion de la parole lors de l'intervention, en prenant une valeur T_{SUP} adaptative par rapport aux conditions réelles de circuit et aux niveaux de parole. Ceci peut être obtenu de multiples façons et aucune recommandation n'est faite pour une implémentation

particulière. Les directives générales applicables à l'algorithme de commande et aux niveaux de seuil de suppression sont à l'étude.

8.2.3 Contrôle d'activation du processeur non linéaire

8.2.3.1 Généralités

Pour la conformité aux orientations données en 8.2.1.3, il est nécessaire de contrôler l'activation du processeur non linéaire de telle sorte que ce processeur ne soit pas actif quand la parole est susceptible d'être présente du côté local. A l'état "actif", il convient que le processeur non linéaire fonctionne comme cela est prévu pour réduire le niveau L_{RES} . A l'état "inactif", il convient qu'il n'effectue pas de traitement non linéaire sur les signaux qui traversent l'annuleur d'écho.

8.2.3.2 Principes pour la commande des processeurs non linéaires

Il est recommandé que les deux principes suivants régissent le contrôle d'activation d'un processeur non linéaire. Tout d'abord, il convient qu'ils soient actifs quand le niveau L_{RES} est élevé étant donné qu'ils ont pour objet de réduire de façon importante le niveau L_{RES} . En second lieu, étant donné qu'il ne convient pas qu'ils distordent la parole proche, ils est recommandé qu'ils soient inactifs lors de la présence de parole provenant du côté local. En cas d'incompatibilité entre les deux principes, le second de ces principes sera appliqué à la fonction de commande.

8.2.3.3 Caractéristiques statiques

La Figure 32 est une représentation graphique des deux états du processeur non linéaire. Le plan L_{Sin} L_{Rin} est divisé en deux zones, W et Z, séparées par le seuil WZ (T_{WZ} , *threshold WZ*). Le processeur non linéaire est inactif dans la zone W, alors qu'il est actif dans la région Z. Une commande adaptée du processeur non linéaire permettant un fonctionnement approprié dans une zone donnée nécessite la reconnaissance des états de parole simultanée ou de la présence de parole provenant du côté local. Une détection approximative de la parole simultanée, associée à un niveau de seuil de suppression élevé, entraînera une distorsion de la parole du côté local. L'annuleur d'écho présente alors certaines des caractéristiques du supprimeur d'écho. Un faible niveau de suppression facilite la parole simultanée, même si une erreur de détection est commise, étant donné que la parole proche ne sera accompagnée que d'un faible niveau de distorsion non linéaire. Si le niveau du seuil de suppression est trop faible, des crêtes d'écho résiduel peuvent être perçues.

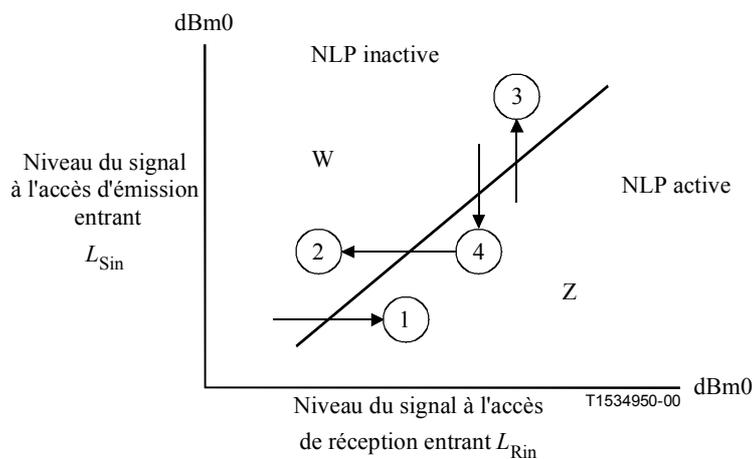


Figure 32/G.168 – Zones de fonctionnement du processeur non linéaire

8.2.3.4 Caractéristiques dynamiques

Les caractéristiques dynamiques peuvent être spécifiées en indiquant le temps écoulé quand les caractéristiques du signal passent d'un point situé dans une surface à un point situé dans une autre surface avant que l'état correspondant à la seconde surface n'ait été déterminé. Quatre transitions d'état sont indiquées par des flèches à la Figure 32.

Transition n° 1 – W à Z, niveau L_{Sin} constant, niveau L_{Rin} croissant

Dans ce cas, le signal L_{Sin} est apparu le premier et le niveau L_{Rin} augmente de façon à atteindre un niveau suffisamment élevé pour dépasser le signal L_{Sin} dans le trajet d'écho et provoquer le passage de l'état inactif à l'état actif. Etant donné que cela entraînerait une distorsion du signal L_{Sin} (parole du locuteur proche dans ce cas), il convient que cette mesure ne soit pas déclenchée trop rapidement.

Transition n° 2 – Z à W, niveau L_{Sin} constant, niveau L_{Rin} décroissant

Dans ce cas, le signal L_{Rin} a dépassé le signal L_{Sin} dans le canal de commande et le processeur non linéaire est dans l'état actif. Le signal L_{Rin} décroît alors. Il convient que le processeur non linéaire reste à l'état actif suffisamment longtemps afin d'empêcher que l'écho, enregistré dans le trajet d'écho, soit entendu par le locuteur éloigné.

Transition n° 3 – Z à W, niveau L_{Rin} constant, niveau L_{Sin} croissant

Cette transition reproduit le début de la parole simultanée. Dès que possible, après la détection du signal L_{Sin} , il convient que le processeur non linéaire soit commuté vers l'état inactif pour réduire au minimum la distorsion de parole proche.

Transition n° 4 – W à Z, valeur constante L_{Rin} , valeur décroissante L_{Sin}

Dans ce cas, le signal L_{Sin} a été perçu, mais il décroît. Il convient que toute mesure prise ait pour effet de continuer à faciliter le passage du signal L_{Sin} . Cela implique généralement un retard pour la commutation du processeur non linéaire à l'état actif antérieur.

8.2.4 Limites en fréquence des voies de commande

A l'étude.

NOTE – Selon le type d'implémentation du processeur non linéaire, les aspects et les limites de la réponse en fréquence indiqués au 3.2.4.2/G.164 pour les trajets de suppression et de commande d'interruption des supprimeurs d'écho sont également applicables à des trajets d'écho similaires utilisés dans les processeurs non linéaires. Ces voies de commande peuvent inclure le contrôle d'activation et celui du niveau de seuil de suppression adaptatif.

8.2.5 Affaiblissement des signaux en dessous du niveau du seuil

Il convient que l'affaiblissement des signaux ayant un niveau inférieur à celui du seuil de suppression d'un processeur non linéaire dans l'état actif soit tel que les prescriptions du 6.4.2.3.1 soient satisfaites.

8.2.6 Essai du processeur non linéaire

Le processeur non linéaire peut être considéré comme un cas particulier de supprimeur d'écho qui se limite uniquement à la suppression des signaux de faible niveau. Les types d'essais nécessaires pour déterminer les caractéristiques de fonctionnement sont très proches de ceux indiqués dans la Recommandation UIT-T G.164. Cependant, selon le type particulier de réalisation du processeur non linéaire, les transitions entre les zones W et Z de la Figure 31 peuvent ne pas être définies avec autant de précision que pour les supprimeurs d'écho. Les signaux observés à l'accès de sortie émission de l'annuleur d'écho se produisent pendant des périodes de courte durée lors des transitions entre les zones de fonctionnement W et Z. Bien que la Recommandation UIT-T G.164 puisse être

utilisée comme modèle pour les essais du processeur non linéaire, il peut être nécessaire d'introduire des modifications uniques pour un circuit d'essai afin d'effectuer des mesures sur certaines implémentations de processeur non linéaire. Il est en particulier connu que certains annuleurs d'écho utilisent une technique de processeur non linéaire supplémentaire, indépendante de la commande On/Off du processeur non linéaire. Ces essais G.168 qui demandent la neutralisation du processeur non linéaire ne s'appliquent pas strictement à ces annuleurs à moins d'interpréter ultérieurement les résultats. Le paragraphe suivant suggère une technique permettant d'identifier la présence de ces fonctions de processeur non linéaire supplémentaires.

8.2.6.1 Essais de présence d'un processeur non linéaire

Dispositif d'essai conforme à l'essai 2B de la Recommandation UIT-T G.168 (convergence sans processeur non linéaire). On modifiera toutefois l'essai en mélangeant un bruit sans corrélation à différents niveaux connus en dessous de l'écho du signal CSS renvoyé sur le trajet d'émission. Le niveau de bruit établit un palier en dessous duquel il convient que le bruit plus l'écho résiduel dû à l'annulation ne tombe pas. Le fait d'observer des niveaux d'écho résiduels situés en dessous du palier de bruit est donc une indication de l'action du processeur non linéaire.

ANNEXE A

Description d'un dispositif de neutralisation de référence par tonalité de l'annuleur d'écho

A.1 Généralités

La présente annexe décrit les caractéristiques d'un dispositif de neutralisation de référence par tonalité d'un annuleur d'écho. L'utilisation du terme référence dénote une implémentation de neutralisation donnée uniquement à des fins d'orientation. Elle n'exclut pas d'autres types d'implémentation d'un dispositif de neutralisation par tonalité qui répondraient aux signaux définis dans les Recommandations UIT-T V.25 [28] et V.8 [25], de même qu'à tous les critères de fiabilité de fonctionnement et de protection contre les fausses détections par des signaux de parole.

A.2 Caractéristiques du dispositif de neutralisation

Le dispositif de neutralisation de référence de l'annuleur d'écho décrit dans la présente annexe détecte une tonalité à 2100 Hz avec des inversions de phase périodiques se produisant toutes les 450 ± 25 ms. Les caractéristiques du signal transmis sont définies dans les Recommandations UIT-T V.25 et V.8.

A.2.1 Détection de tonalité

Les caractéristiques de fréquence du détecteur de tonalité utilisées sont les mêmes que celles du 7.2, sauf que la limite supérieure de la portée dynamique est de -6 dBm0.

A.2.2 Détection d'inversion de phase

Le dispositif de neutralisation de référence par tonalité réagit à un signal contenant des inversions de phase de $180^\circ \pm 10^\circ$ à sa source (comme cela est spécifié dans la Recommandation UIT-T V.25) quand ce signal a été modifié par une dégradation autorisée provoquée par le réseau, telle que le bruit, la gigue de phase, etc. Ce dispositif de neutralisation par tonalité n'est pas sensible à une gigue de phase de $\pm 15^\circ$ de crête à crête dans un domaine de fréquences comprises entre 0 et 120 Hz. Cela tient compte de la gigue de phase autorisée dans la Recommandation UIT-T G.229 [8]. Pour réduire au minimum la probabilité de neutralisation erronée de l'annuleur d'écho par des courants vocaux et des changements de phase induits par le réseau, ce dispositif de neutralisation par tonalité de référence ne réagit pas à des changements de phase simples de tonalité à 2100 Hz dans la gamme de $0^\circ \pm 110^\circ$ se produisant à l'intérieur d'une période d'une seconde. Ce nombre a été choisi car il

représente le déplacement de phase approximatif provoqué par des glissements de phase unique dans un système MIC.

A.3 Caractéristiques de la bande de garde

L'énergie dans la bande vocale, à l'exclusion de la bande de neutralisation, doit être utilisée pour compenser la neutralisation de sorte que la parole ne provoquera pas le mauvais fonctionnement du dispositif de neutralisation par tonalité. Il convient que la bande de garde soit suffisamment large et présente une sensibilité telle que l'énergie de parole située à l'extérieur de la bande de neutralisation soit utilisée. La sensibilité et la forme de la bande de garde ne doivent pas être telles que le bruit maximal du circuit au repos ou du circuit occupé empêche la neutralisation. Dans la spécification, du bruit blanc est utilisé pour simuler la parole et le bruit de circuit. Ainsi, la spécification est la suivante:

Etant donné que le bruit blanc (sur une bande d'environ 300 à 3400 Hz) est appliqué au dispositif de neutralisation simultanément avec un signal à 2100 Hz, le signal à 2100 Hz est appliqué à un niveau de 3 dB au-dessus de niveau du seuil à mi-bande du dispositif de neutralisation de fréquence. Il convient que le niveau d'énergie du bruit blanc nécessaire pour bloquer la neutralisation ne soit pas supérieur au niveau du signal à 2100 Hz et ne soit pas inférieur à un niveau de 5 dB en dessous du niveau du signal à 2100 Hz. Etant donné que le signal à 2100 Hz est augmenté au-dessus de la gamme des niveaux jusqu'à 30 dB au-dessus du niveau de seuil à mi-bande du dispositif de neutralisation de fréquence, il convient que le niveau d'énergie de bruit blanc nécessaire pour bloquer la neutralisation soit toujours être inférieur au niveau du signal à 2100 Hz.

NOTE – La possibilité d'interférence pendant la période de détection des inversions de phase a été prise en compte. Une source potentielle d'interférence est la présence de la tonalité d'appel comme cela a été spécifié dans la Recommandation UIT-T V.25. S'il y a interférence entre la tonalité d'appel et la détection des inversions de phase, l'ensemble de la séquence de détection de neutralisation redémarre, mais une fois seulement. La Recommandation UIT-T V.25 garantit une pause d'au moins une seconde entre les rafales de tonalité d'appel.

A.4 Caractéristiques de la bande de maintien

Il convient que le dispositif de neutralisation par tonalité, après la neutralisation, soit maintenu à l'état neutralisé pour des tonalités contenues dans une gamme de fréquences. Il convient que la largeur de bande du mode de maintien englobe toutes les fréquences de données possibles à ce jour ou dans le futur. Il est recommandé que la sensibilité de libération soit suffisante pour maintenir la neutralisation pour le plus faible niveau de signaux de données attendu, mais il convient qu'elle soit telle que le dispositif de neutralisation se libère pour le bruit maximal du circuit au repos ou du circuit occupé. Ainsi, la spécification est la suivante:

il convient que le dispositif de neutralisation par tonalité soit maintenu dans le mode neutralisé pour toute sinusoïde de fréquence simple dans la bande de 390 à 700 Hz avec un niveau de -27 dBm0 ou davantage et dans la bande de 700 à 3000 Hz avec un niveau de -31 dBm0 ou davantage. Il convient que le dispositif de neutralisation par tonalité se libère pour un signal dans la bande de 200 à 3400 Hz ayant un niveau of -36 dBm0 ou moins.

A.5 Temps de réaction

Le dispositif de neutralisation par tonalité de référence fonctionne dans un délai de réception d'une seconde, sans interférence, de la tonalité constante à 2100 Hz avec des inversions périodiques de phase, dont le niveau est compris dans la gamme de -6 à -31 dBm0. Le temps de réaction d'une seconde permet la détection de la tonalité à 2100 Hz et garantit que deux inversions de phase se produisent (à moins qu'un glissement ou qu'un bruit d'impulsion ne masque l'une des inversions de phase).

A.6 Fausses détections dues à des courants vocaux

Il est souhaitable que le dispositif de neutralisation par tonalité ne connaisse que peu de fausses détections dues à la parole. A cet effet, selon un objectif pouvant être atteint par un annuleur d'écho installé sur un circuit en fonctionnement, il convient que des courants vocaux normaux ne provoquent en moyenne pas plus de 10 fausses détections sur une durée de 100 heures de parole. Hormis le fait que la protection contre les coupures de parole peut être assurée par la largeur de bande du canal de neutralisation, par le fonctionnement de la bande de garde et par le temps de fonctionnement, elle peut également l'être par le recalage du compte à rebours. C'est-à-dire que si la parole qui simule le signal de neutralisation est interrompue par des périodes entre les syllabes, avant que la neutralisation ne se produise, il convient que le mécanisme du rythme de fonctionnement permette la réinitialisation. Il convient cependant, qu'une absence momentanée ou un changement de niveau dans un signal véritablement neutralisant ne permette pas la réinitialisation du rythme.

A.7 Fausses détections dues à des signaux de données

Cette prescription doit remplir les conditions du 7.7. A cet effet, le circuit de neutralisation par tonalité devient inefficace si une tonalité avec une libération d'une seconde (c'est-à-dire avec l'absence d'inversions de phase ou autres interférences) à 2100 Hz est détectée. Le circuit du détecteur ne fonctionne pas pendant la transmission des données et le fonctionnement ne reprend qu'à la fin de la période de 250 ± 150 ms, consécutive à un affaiblissement de 3 dB du signal dans la bande de maintien en dessous de la sensibilité maximale de maintien. Ainsi, la possibilité de neutralisation intempestive de l'annuleur d'écho pendant la transmission de télécopie ou de données en bande vocale à faible vitesse ($<9,6$ kbit/s) ou par télécopie est réduite au minimum.

A.8 Temps de libération

Il convient que le dispositif de neutralisation ne se libère pas pour des coupures de transmission de signaux inférieures à la valeur de 100 ms recommandée par l'UIT-T. Afin de provoquer des dégradations minimales lors d'une neutralisation accidentelle de la parole, il convient qu'il se libère dans les 250 ± 150 ms consécutives à un affaiblissement d'au moins 3 dB du signal dans la bande de maintien en dessous de la sensibilité de maintien maximale.

ANNEXE B

Description d'un processeur non linéaire de référence

B.1 Généralités

La présente annexe, qui n'est présentée qu'à des fins d'illustration et non en vue d'une conception détaillée (voir 8.1), décrit un processeur non linéaire de référence (NLP) faisant appel à des notions aussi simples que possible tout en intégrant un nombre suffisant d'options servant d'orientations pour toute une série d'éventuelles implémentations. A cet effet, il existe deux variables pour le processeur non linéaire de référence. Toutes deux font référence à un écrêtage des centres correspondant à une des fonctions de transfert théoriques illustrées à la Figure B.1. Le niveau du seuil de suppression (déterminé dans ce cas par le niveau d'écrêtage) est adaptatif pour la première variable, l'adaptation étant effectuée par référence à L_{Rin} . Le contrôle d'activation est effectué par référence à la différence entre L_{Rin} et L_{Sin} . Dans la seconde variable, le seuil de suppression est fixé. On suppose que le processeur non linéaire de référence (NLP) est utilisé dans un annuleur d'écho, ce qui permet d'obtenir une annulation des composantes linéaires pour n'importe quel retour d'écho d'au moins N dB. La valeur de N fait l'objet d'un complément d'étude.

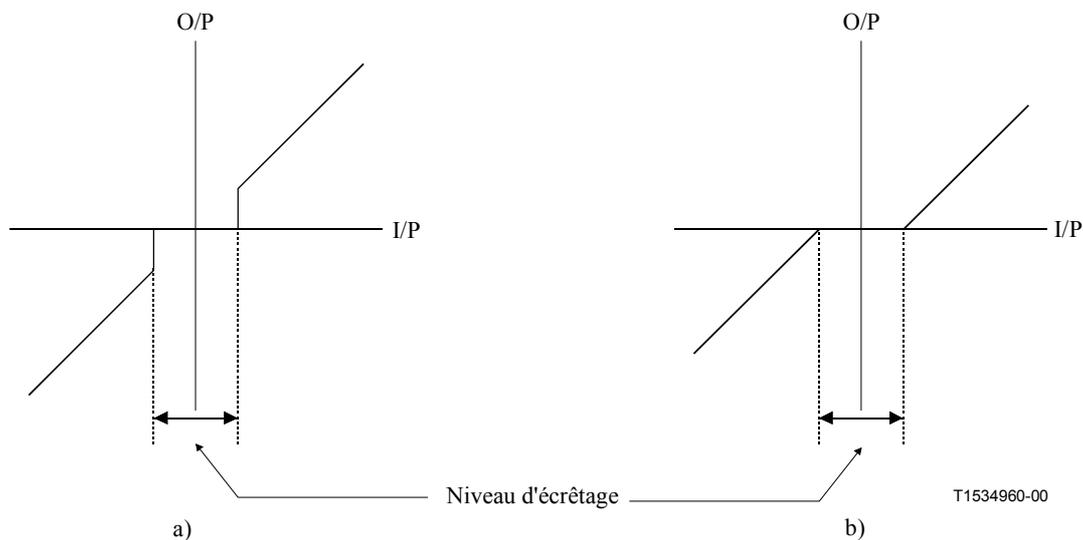


Figure B.1/G.168 – Deux exemples de la fonction de transfert d'écrêtage de centre théorique

B.2 Seuil de suppression (T_{SUP})

Valeur T_{SUP} adaptative = $(L_{Rin} - x \pm 3)$ dBm0 pour $-30 \leq L_{Rin} \leq -10$ dBm0

Valeur T_{SUP} fixe = x' dBm0

NOTE – Les valeurs x et x' sont à l'étude. Les valeurs 18 pour x et -36 pour x' ont été suggérées mais il convient de confirmer que ces valeurs sont adaptées à une utilisation dans tous les réseaux.

B.3 Caractéristiques statiques du contrôle d'activation

$T_{WZ} = (L_{Rin} - y \pm 3)$ dBm0 pour $-30 \leq L_{Rin} \leq -10$ dBm0

NOTE 1 – La valeur T_{WZ} est conforme à la définition au 8.2.3.3.

NOTE 2 – La valeur de y peut être différente pour chaque variable, ce qui fait l'objet d'un complément d'étude. Les valeurs de x dB dans le cas d'une valeur T_{SUP} adaptative et $y \geq 6$ dB dans le cas d'une valeur T_{SUP} fixe semblent être plausibles.

B.4 Caractéristiques dynamiques du contrôle d'activation

Les caractéristiques dynamiques du contrôle d'activation sont indiquées dans les Tableaux B.1 et B.2. Voir également la Figure 31.

B.5 Limites de fréquence des voies de commande

Voir 8.2.4.

B.6 Essais

Les Tableaux B.1 et B.2 indiquent, par référence à la Recommandation UIT-T G.164 [4], comment les caractéristiques dynamiques du contrôle d'activation du processeur non linéaire peuvent être vérifiées en utilisant des signaux d'onde sinusoïdale. Les Figures B.2 et B.3 indiquent les enveloppes de signaux obtenues sur un oscilloscope pour ces essais.

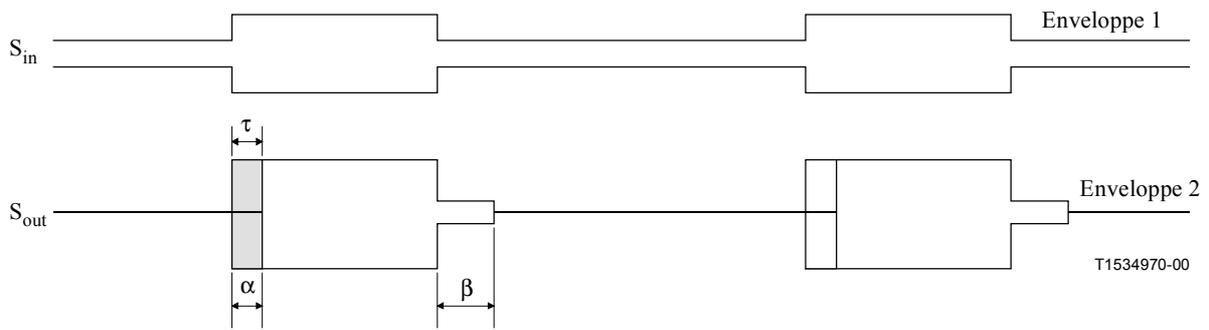
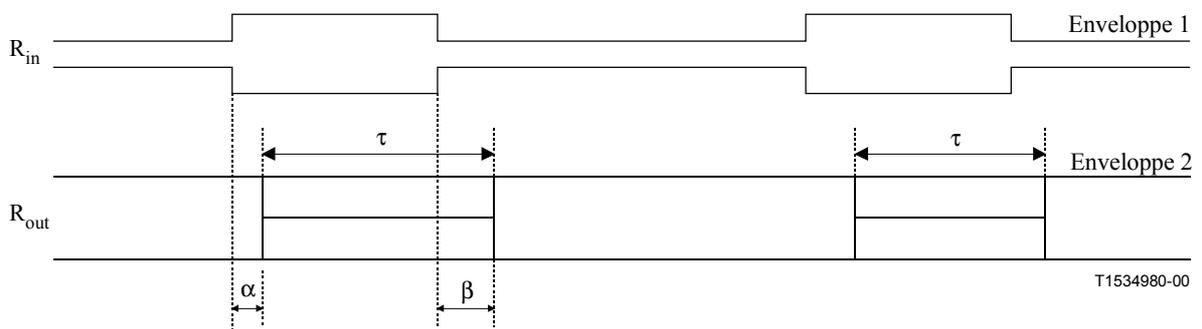


Figure B.2/G.168 – Enveloppes des signaux pour les temps de réaction et de maintien du processeur non linéaire, valeur L_{Rin} constante



- α temps de réaction
- β temps de maintien
- τ intervalle de temps dans lequel la distorsion du signal peut être observée

Figure B.3/G.168 – Enveloppes des signaux pour les temps de réaction et de maintien du processeur non linéaire, valeur L_{Sin} constante

Tableau B.1/G.168 – Temps de maintien du processeur non linéaire

Limite		Signal initial		Signal final		Valeur recommandée (ms)	Numéro d'essai (Rec. G.164)	Changement de zone (voir Figure 31)	Circuit d'essai, Figure:	Trace de l'oscilloscope
		Emission L _{Sin} (dBm0)	Réception L _{Rin} (dBm0)	Emission L _{Sin} (dBm0)	Réception L _{Rin} (dBm0)					
Z/W	Fixe	-25	-10	-25	-30	15-64	5	Transition 2	14/G.164	Trace 1 et trace 2 de la Figure B.3 (β)
	Adaptative	-55 -40 -30	-20 -15 -5	-55 -40 -30	-40 -40 -30	Δ				
W/Z	Fixe	-15	-25	-40	-25	16-120	6	Transition 4	17/G.164	Trace 1 et trace 2 de la Figure B.2 (β)
	Adaptative	-40 -40 -25	-50 -30 -15	-55 -55 -40	-50 -30 -15	30-50				

Tableau B.2/G.168 – Temps de réaction du processeur non linéaire

Limite		Signal initial		Signal final		Valeur recommandée (ms)	Numéro d'essai (Rec. G.164)	Changement de zone (voir Figure 31)	Circuit d'essai, Figure:	Trace de l'oscilloscope
		Emission L _{Sin} (dBm0)	Réception L _{Rin} (dBm0)	Emission L _{Sin} (dBm0)	Réception L _{Rin} (dBm0)					
W/Z	Fixe	-25	-30	-25	-10	16-120	4	Transition 1	14/G.164	Trace 2 de la Figure B.3 (α)
	Adaptative	-55 -40 -30	-40 -40 -30	-55 -40 -30	-20 -15 -5	15-75				
Z/W	Fixe	-40	-25	-15	-25	≤1	6	Transition 3	17/G.164	Trace 2 de la Figure B.2 (α)
	Adaptative	-55 -55 -40	-50 -30 -15	-40 -40 -25	-50 -30 -15	≤5				

Signaux de la source composite pour les essais des annuleurs d'écho de parole: signaux, description et analyse

C.1 Introduction

La présente annexe décrit le sous-ensemble des signaux de la source composite utilisés pour essayer les annuleurs d'écho de parole dans le réseau en situation de monologue et de parole simultanée. La définition exacte de ces signaux fait partie de la Recommandation UIT-T P.501 [18] sur les signaux d'essai devant être utilisés pour la téléphonométrie. Tout d'abord, on décrit de façon générale les signaux de la source composite. Les sous-paragraphe suivants donnent la définition exacte des deux signaux pour l'essai des annuleurs d'écho dans le cas de monologue et également dans celui de la parole simultanée. Par ailleurs, on considère et on décrit des méthodes d'évaluation en vue de déterminer les paramètres spécifiques des annuleurs d'écho, en particulier pour les essais de la présente Recommandation UIT-T.

C.2 Signal de la source composite – Généralités

C.2.1 Description générale des différentes séquences

Les signaux de la source composite comprennent en général plusieurs séquences composées de sons voisés et de sons non voisés, de même que des pauses de parole.

Signal voisé produit à partir du signal de "voix artificielle" selon la Recommandation UIT-T P.50 [14]

La partie voisée du signal de la source composite est le signal d'excitation conçu pour activer d'éventuels détecteurs de parole dans des systèmes à commande vocale et pour reproduire des sons voisés de parole réelle en général. Etant donné que la durée, le début et la fin du signal voisé sont connus exactement, ce signal peut être également utilisé pour mesurer le temps de commutation du sens de transmission en cours d'essai. Le temps de commutation et le retard du système dans son ensemble peuvent être déterminés au moyen de la forme du signal dans le domaine temporel. La durée du signal est d'environ 50 ms.

Signal de pseudo-bruit

Le signal introduit après la parole artificielle voisée est désigné comme étant le signal de pseudo-bruit (PN, *pseudo noise*). Ce signal a certaines caractéristiques similaires à celles du bruit. L'amplitude de sa transformée de Fourier est initialement constante en fréquence tandis que la phase varie. Pour les essais, en général seule l'amplitude de la fonction de transfert présente un intérêt, étant donné que la phase n'est pas si importante mais elle peut être également déterminée.

Le signal est obtenu de façon suivante:

tout d'abord, un spectre complexe est obtenu dans le domaine des fréquences selon l'équation suivante:

$$H(k) = W(k) \cdot e^{j i_k \cdot \pi}; k = -M/2, \text{ sans } 0; i_k = -i_{-k} \text{ aléatoire} \quad (\text{C.2-1})$$

L'indice M est adapté à la taille choisie de la transformée de Fourier rapide (par exemple 2048, 4096 ou 8192 points). L'équation indique que la valeur du spectre complexe obtenu est constante pour toutes les fréquences dans la mesure où la fonction $W(k)$ est choisie comme étant égale à 1 pour toutes les fréquences, alors que la phase peut être égale à π ou à 0 pour chaque fréquence, ce qui correspond à une séquence aléatoire. Cependant, afin de réaliser une pondération différente dans le domaine des fréquences, la fonction $W(k)$ peut être facilement choisie afin d'obtenir différents spectres pendant la durée de la séquence de pseudo-bruit. Ensuite, une transformation de ce spectre

vers le domaine temporel sera effectuée au moyen de la transformée de Fourier inverse permettant d'obtenir le signal suivant:

$$S(n) = \frac{1}{M} \sum_{k=-M/2, k \neq 0}^{M/2} H(k) \cdot e^{j2\pi \cdot n \cdot k/M}, n = -M/2, \dots, M/2 - 1; \quad (\text{C.2-2})$$

NOTE 1 – On obtient ainsi un signal qui est limité dans le temps (correspondant à la longueur choisie de la transformée de Fourier) et qui est correctement adapté à la taille de la transformée de Fourier rapide choisie. Si on veut obtenir une séquence temporelle plus longue, le signal peut être reproduit de façon cyclique. Cette méthode permet d'obtenir des séquences temporelles de longueur quelconque. Par un choix approprié de M , de la fréquence d'échantillonnage et du nombre de répétitions, ce signal de mesure dure au total 200 ms environ.

La séquence de pseudo-bruit du signal de la source composite pour la mesure des annuleurs d'écho de parole est calculée de façon telle que la fonction $W(k)$ soit une constante et que le signal correspondant $S(n)$ (calculé par transformée de Fourier inverse) soit filtré par une fonction de transfert indiquée ci-après au C.3.1.

NOTE 2 – Normalement, il convient que la longueur de la transformée de Fourier soit courte pour des systèmes ayant des paramètres variant beaucoup dans le temps tels que les techniques de compression-extension, de façon à obtenir une bonne estimation à court terme de la fonction de transfert variant dans le temps. Pour les systèmes intégrant des techniques adaptatives telles que les annuleurs d'écho ou les annuleurs de bruit, une valeur plus élevée de M (proche d'une durée de 200 ms pour le signal) peut être appropriée pour ne pas avoir de fonction d'autocorrélation périodique du signal de mesure dans la fenêtre de traitement du dispositif soumis aux essais.

Pause de parole

La troisième composante du signal de la source composite est une pause de parole. En ce qui concerne le signal de la source composite comme signal de mesure reproduisant des caractéristiques importantes de la parole réelle, la pause de parole est destinée à donner au signal composite une modulation d'amplitude appropriée. Il reproduit en outre des pauses de parole réelle qui se produisent également dans les signaux de parole réelle. Cela signifie également une certaine période sans signal d'excitation, ce qui permet d'analyser le bruit ou les effets parasites produits par le système soumis aux essais. La période de la pause de parole est choisie entre 100 ms et 150 ms.

Afin d'obtenir une séquence sans décalage en moyenne, il convient que les séquences de signaux de la source composite soient inversées en amplitude lors des répétitions (déplacement de phase à 180°).

C.2.2 Calcul et analyse utilisant des signaux de la source composite

La séquence de son voisé, le signal de pseudo-bruit et la pause de parole peuvent être reproduits de façon cyclique lorsqu'on utilise des signaux de la source composite pour les mesures. Cela signifie qu'après une pause, la séquence redémarre en commençant par un son voisé. L'utilisation de cette procédure permet de produire des séquences de longueur quelconque.

Après la création d'une séquence, comme cela est décrit ci-dessus, ce signal peut être utilisé comme un signal de mesure normal, par exemple un signal de bruit blanc ou un bruit rose commuté. On obtient le niveau d'étalonnage (acoustique et électrique) en utilisant l'ensemble de la séquence, y compris les sons voisés, les séquences de pseudo-bruit et les pauses de parole. En principe, on peut utiliser un appareil de mesure normal pour les valeurs efficaces avec une largeur de bande de 20 kHz et s'il est mis à la position d'intégration "rapide". Une autre méthode consiste à effectuer une analyse de la transformée de Fourier rapide pour les évaluations de niveau. Les paramètres pour une évaluation utilisant la transformée de Fourier rapide sont les suivants:

- la fréquence d'échantillonnage qui correspond à celle choisie pour la génération des signaux (fréquence préférentielle à 44,1 kHz ou 48 kHz);

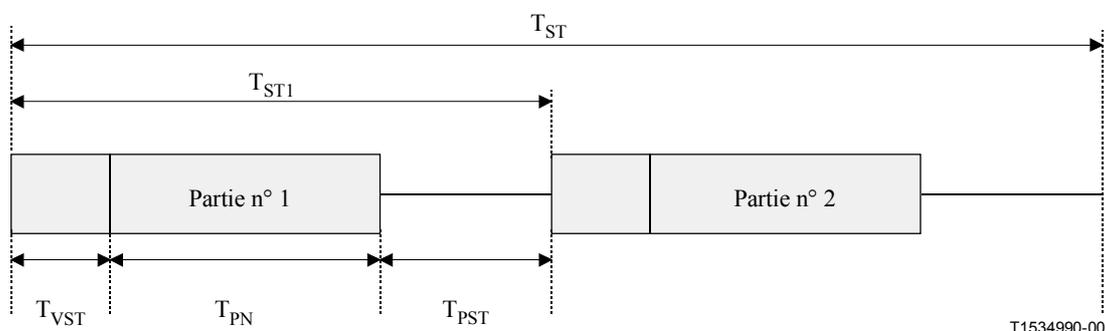
- la longueur de la transformée de Fourier rapide selon la longueur choisie pour la génération des signaux;
- la fenêtre rectangulaire;
- l'absence de chevauchement;
- le moyennage effectué sur **l'ensemble de la séquence (reproduite de façon cyclique)**, incluant les sons voisés, les séquences de pseudo-bruit et les pauses de parole;
- l'évaluation du niveau effectuée à partir de la densité spectrale de puissance obtenue par le calcul de la transformée de Fourier rapide (intégration des niveaux sur toutes les composantes de fréquence).

C.3 Signal de la source composite à bande limitée avec densité spectrale de puissance similaire à celle de la parole – Réalisation pratique pour les mesures des annuleurs d'écho

Les deux signaux de la source composite, décrits ci-dessous dans la présente annexe, ont une densité spectrale de puissance similaire à celle de la parole. Cela signifie que les séquences de bruit des deux signaux (le signal de mesure et le signal de simulation de la parole simultanée) sont mises en forme avec une pente de décroissance de 5 dB par octave vers les fréquences plus élevées. Les caractéristiques de convergence des annuleurs d'écho de parole dépendent fortement de la densité spectrale de puissance du signal d'entrée. De ce fait, ces signaux de la source composite ont été adaptés de cette façon pour reproduire la densité spectrale de puissance de la parole réelle.

C.3.1 Signal de la source composite pour le monologue

La Figure C.1 indique le principe de constitution du signal de la source composite pour le monologue.



Durée:	T_{VST}	(son voisé):	48,62 ms
	T_{PN}	(pseudo-bruit):	200,00 ms
	T_{PST}	(pause):	101,38 ms
	T_{ST1}	(élément d'une période):	350,00 ms
	T_{ST}	(période totale):	700,00 ms

Figure C.1/G.168 – Signal de la source composite pour la mesure des annuleurs d'écho (représentation schématique)

Signal voisé à bande limitée

Le Tableau C.1 indique les valeurs du mot de 16 bits pour un signal voisé à bande limitée pour des fréquences comprises entre 200 Hz et 3,6 kHz. A la fréquence d'échantillonnage de 44,1 kHz, les valeurs des 134 mots de 16 bits représentent au total une durée de 3,04 ms. Ces valeurs se lisent en colonnes.

Tableau C.1/G.168 – Valeurs des mots à 16 bits du signal voisé à bande limitée

-155	948	3224	4000	3129	1440	241	-888	-1853	-6137	-3474
276	1362	3370	4043	3043	1310	190	-957	-2121	-6560	-2508
517	1741	3500	4034	2914	1146	103	-1034	-2414	-6948	-1595
578	2043	3569	3974	2750	965	-9	-1103	-2707	-7301	-802
491	2276	3603	3862	2560	776	-138	-1146	-3017	-7568	
302	2422	3603	3724	2353	603	-267	-1181	-3319	-7732	
86	2500	3595	3577	2155	448	-388	-1190	-3612	-7758	
-103	2552	3586	3439	1991	345	-491	-1198	-3913	-7620	
-207	2595	3595	3336	1853	276	-569	-1215	-4224	-7310	
-198	2655	3638	3267	1750	250	-638	-1259	-4560	-6810	
-60	2758	3724	3224	1672	250	-698	-1327	-4922	-6155	
190	2896	3819	3198	1603	267	-759	-1457	-5301	-5344	
543	3060	3922	3172	1534	267	-813	-1629	-5715	-4439	

Les valeurs correspondant au signal voisé dans la gamme des fréquences comprises entre 200 Hz et 3,6 kHz sont de nouveau calculées de telle façon que la valeur de l'écart quadratique moyenne du signal voisé soit égale à celle de la séquence de pseudo-bruit. La séquence est répétée 16 fois pour obtenir une durée égale à 48,62 ms.

Signal de pseudo-bruit engendré en utilisant la transformée de Fourier rapide à 2048 points

Les paramètres de la séquence de pseudo-bruit sont les suivants:

fréquence d'échantillonnage égale à 44,1 kHz, longueur des mots égale à 16 bits, longueur de la transformée de Fourier égale à 2048 points.

$$H(k) = \begin{cases} W(k) \cdot e^{j \cdot i_k \cdot \pi}; k = -928, \dots, +928 \text{ sauf } 0, i_k \{+1, 0\}, \text{ aléatoire}, i_k = -i_{-k} \\ 0 \text{ autre} \end{cases} \quad (\text{C.3-1})$$

Selon la formule décrite ci-dessus (C.2-2), le signal temporel est calculé par transformée de Fourier inverse. Cette séquence se répète 4307 fois afin d'obtenir une durée de 200 ms pour la séquence de pseudo-bruit. Le facteur de crête de la séquence de pseudo-bruit sera égal à 11 dB ± 1 dB.

En raison de la résolution de 21,5 Hz en fréquence (44,1 kHz/2048 points), il y a 928 valeurs pour la transformée de Fourier rapide dans le domaine des fréquences comprises entre 0 et 20 kHz. Chaque valeur de la fonction $W(k)$ (avant filtrage) est égale à 152 680. Les valeurs ont été calculées de façon telle que les niveaux soient les mêmes à l'intérieur d'une largeur de bande de 20 kHz pour le signal voisé et pour la séquence de pseudo-bruit.

Signal de pseudo-bruit généré en utilisant la transformée de Fourier rapide à 8192 points

Selon la formule décrite ci-dessus (C.2-2), le signal temporel est calculé par transformée de Fourier inverse. Cette séquence se répète 1077 fois pour obtenir une durée de 200 ms pour la séquence pseudo-aléatoire. Le facteur de crête d'une séquence pseudo-aléatoire est égal à $11 \text{ dB} \pm 1 \text{ dB}$.

En raison de la résolution de 5,4 Hz en fréquence (44,1 kHz pour 8192 points), il y a 3715 valeurs pour la transformée de Fourier rapide dans la gamme des fréquences comprises entre 0 et 20 kHz. Chaque valeur de la fonction $W(k)$ avant filtrage est égale à 305 360. Elle est calculée de façon telle que les niveaux soient les mêmes à l'intérieur d'une largeur de bande de 20 kHz pour le signal voisé et pour la séquence de pseudo-bruit.

Pour obtenir la même valeur de l'écart quadratique moyenne pour la séquence de pseudo-bruit à bande limitée, il convient que la fonction de filtrage indiquée à la Figure C.2 soit appliquée. Le filtre est choisi de façon telle que les niveaux de la séquence de pseudo-bruit filtrée soient équivalents à ceux de la séquence non filtrée. Le Tableau C.2 indique les points caractéristiques de la réponse en fréquences du filtre.

NOTE – Par un sous-échantillonnage ou un suréchantillonnage approprié, il est possible d'obtenir d'autres fréquences d'échantillonnage pour la séquence décrite. Il convient que le filtre d'interpolation utilisé pour le sous-échantillonnage et le suréchantillonnage se rapproche du filtre rectangulaire parfait. Il convient que l'affaiblissement du filtre coupe-bande soit $> 60 \text{ dB}$, l'ondulation dans la bande devant être $< \pm 0,2 \text{ dB}$.

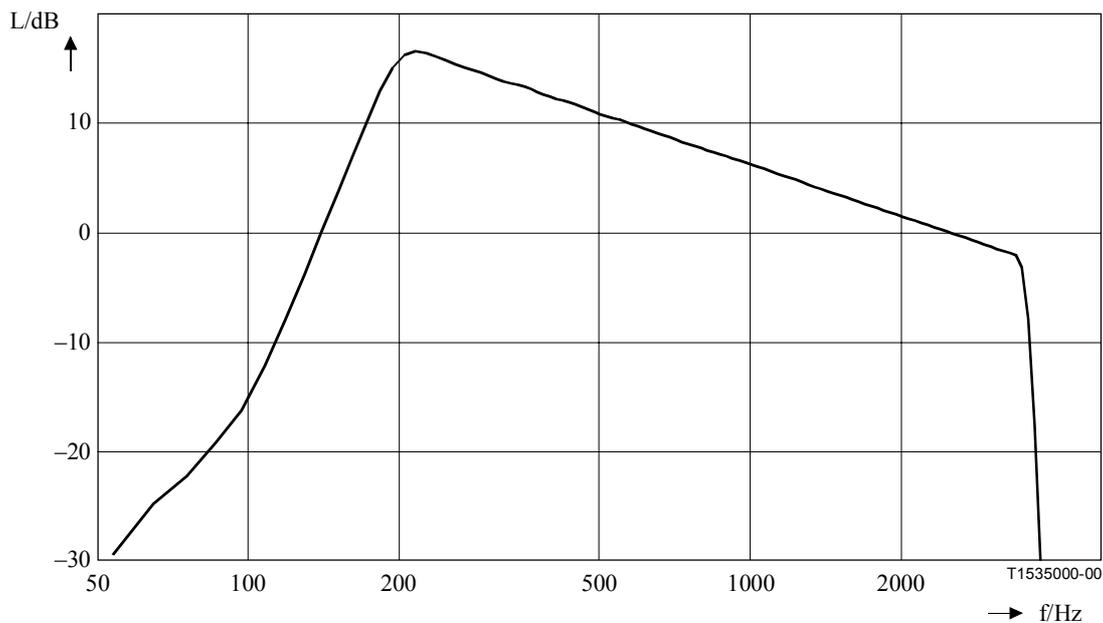


Figure C.2/G.168 – Fonction de transfert du filtre pour la limitation de bande de la séquence de pseudo-bruit

Tableau C.2/G.168 – Tableau des points caractéristiques de la réponse en fréquences du filtre

50 Hz	100 Hz	200 Hz	215 Hz	500 Hz	1 kHz	2,85 kHz	3,6 kHz	3,66 kHz	3,68 kHz
-25,8 dB	-12,8 dB	17,4 dB	17,8 dB	12,2 dB	7,2 dB	0 dB	-2 dB	-20 dB	-30 dB

Pour les systèmes adaptatifs tels que les annulateurs d'écho, une séquence de pseudo-bruit plus longue peut être choisie pour ne pas avoir de corrélation dans les signaux de mesure à l'intérieur de la fenêtre d'adaptation. Pour de tels systèmes, il convient que la longueur de la transformée de Fourier

rapide soit étendue à 8192 points lors de l'utilisation de la fréquence d'échantillonnage à 44,1 kHz comme cela est décrit ci-dessus.

Pause de parole

Une durée de 101,38 ms est choisie pour la pause de parole afin d'obtenir une durée totale de 350 ms pour le son voisé, la séquence de pseudo-bruit et la pause de parole.

Pour obtenir à présent une séquence sans décalage en moyenne, cette séquence de signaux composites de 350 ms est répétée et inversée en amplitude (déplacement de phase de 180°). La longueur complète représente une durée de 700 ms.

C.3.2 Signal de la source composite de bande limitée pour la simulation de parole simultanée

La séquence de parole simultanée est générée de la même façon que le signal de monologue. La Figure C.7 montre le principe de constitution d'un signal de parole simultanée. Cependant, les durées du signal voisé et de la pause sont légèrement différentes pour obtenir un état caractéristique de la parole simultanée avec les deux signaux appliqués en même temps, puis avec un signal présent uniquement sur une voie, des signaux voisés présents des deux côtés, de même qu'un signal voisé et un signal non voisé présents en même temps sur les différentes voies. La corrélation entre le signal de monologue et le signal de parole simultanée est faible. Ceci est obtenu en choisissant un signal voisé différent avec une fréquence fondamentale différente et un signal de bruit aléatoire au lieu de la séquence de pseudo-bruit. La durée du signal voisé est de 72,69 ms, celle du signal de bruit aléatoire est de 200 ms et celle de la pause de parole est de 127,31 ms.

Signal voisé

Le signal voisé pour la parole simultanée a été choisi pour avoir une fréquence de base différente de celle du signal voisé pour le monologue. Les valeurs du signal voisé pour la parole simultanée se trouvent dans le Tableau C.3. Le niveau correspondant à ce son est de nouveau le même que celui correspondant au son pour le monologue. Lors de l'utilisation d'une fréquence d'échantillonnage à 44,1 kHz, les 229 valeurs des mots à 16 bits représentent une durée de 5,19 ms. Le tableau doit se lire en colonnes:

Tableau C.3/G.168 – Valeurs des mots à 16 bits pour le signal voisé de parole simultanée à bande limitée

-198	1146	-8292	4827	5853	1422	-1293	-810	-690	-1052	-621
-112	871	-8715	5094	5715	1224	-1302	-793	-724	-1043	-560
-9	560	-9077	5344	5560	1026	-1293	-767	-767	-1043	-509
103	233	-9370	5594	5387	819	-1267	-741	-793	-1052	-457
233	-121	-9542	5827	5215	603	-1250	-698	-819	-1060	-397
388	-491	-9542	6043	5043	388	-1233	-672	-845	-1060	-345
543	-871	-9361	6215	4879	181	-1224	-638	-853	-1060	-276
724	-1250	-8956	6344	4732	9	-1224	-603	-871	-1052	-207
896	-1638	-8327	6413	4586	-181	-1224	-595	-879	-1034	-112
1060	-2043	-7465	6422	4439	-328	-1224	-586	-888	-1017	
1233	-2465	-6396	6379	4276	-448	-1215	-595	-896	-991	
1388	-2896	-5163	6310	4086	-543	-1198	-603	-922	-957	
1517	-3345	-3827	6215	3870	-629	-1172	-621	-948	-931	
1638	-3819	-2448	6120	3629	-707	-1129	-629	-974	-905	

Tableau C.3/G.168 – Valeurs des mots à 16 bits pour le signal voisé de parole simultanée à bande limitée (*fin*)

1747	-4310	-1103	6051	3370	-784	-1077	-938	-1009	-888
1810	-4810	155	6000	3086	-871	-1026	-638	-1026	-862
1845	-5319	1293	5991	2801	-948	-974	-638	-1052	-845
1845	-5836	2241	5991	2534	-1026	-922	-638	-1069	-819
1802	-6353	3034	6000	2267	-1112	-888	-638	-1077	-793
1707	-6853	3655	6008	2034	-1181	-871	-638	-1069	-767
1569	-7353	4138	5991	1819	-1241	-845	-647	-1060	-724
1379	-7836	4517	5939	1612	-1276	-828	-664	-1060	-672

Pour obtenir la durée requise de 72,69 ms, les valeurs doivent être appliquées en se répétant 14 fois.

Bruit aléatoire

Le bruit aléatoire est un bruit blanc gaussien à bande limitée de 20 kHz. Le facteur de crête du signal est de 12 ± 1 dB. La valeur de l'écart quadratique moyenne du bruit aléatoire à bande limitée doit être identique à celle du signal voisé.

Pour limiter la bande de bruit aléatoire entre 200 Hz et 3,6 kHz, on utilise la fonction de filtrage indiquée à la Figure C.2. Cela permet d'obtenir la même valeur de l'écart quadratique moyenne pour le bruit aléatoire à bande limitée.

Pause de parole

On prend une durée de 127,31 ms pour la pause de parole afin d'obtenir une durée totale de 400 ms pour le son voisé, la séquence de bruit aléatoire et la pause de parole.

De nouveau, pour obtenir un signal dont la moyenne n'a pas de décalage, cette séquence de 400 ms est répétée et inversée en amplitude (décalage de phase de 180°). Ainsi, il en résulte une durée du signal de parole simultanée de 800 ms.

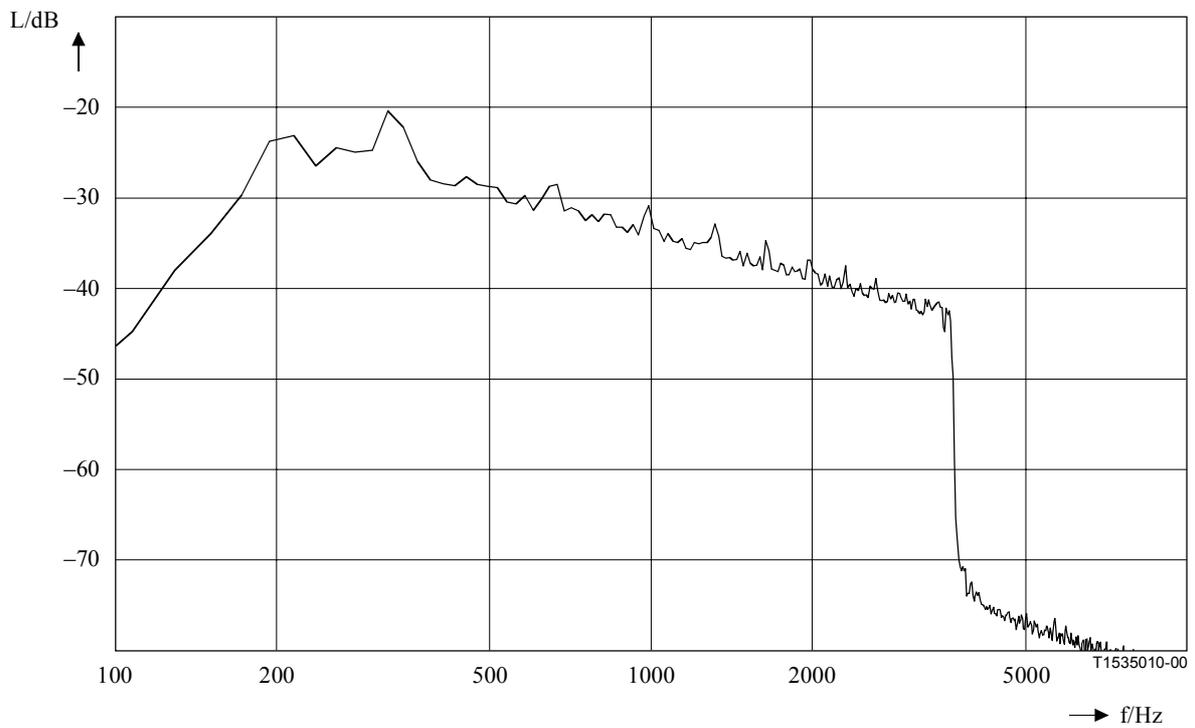


Figure C.3/G.168 – Densité spectrale de puissance de la source composite pour la parole simultanée à bande limitée (signal de parole unique, fenêtre d'analyse: Hanning)

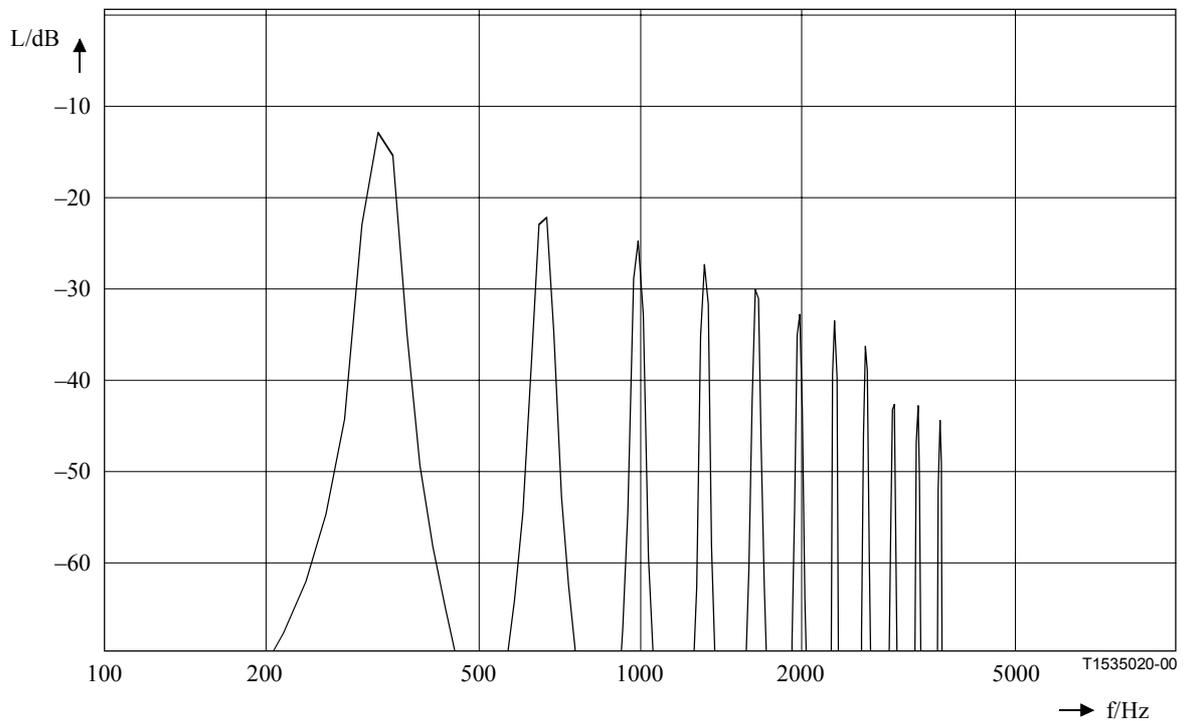


Figure C.4/G.168 – Densité spectrale de puissance pour les signaux voisés de parole simultanée à bande limitée (signal de parole unique, fenêtre d'analyse: Hanning)

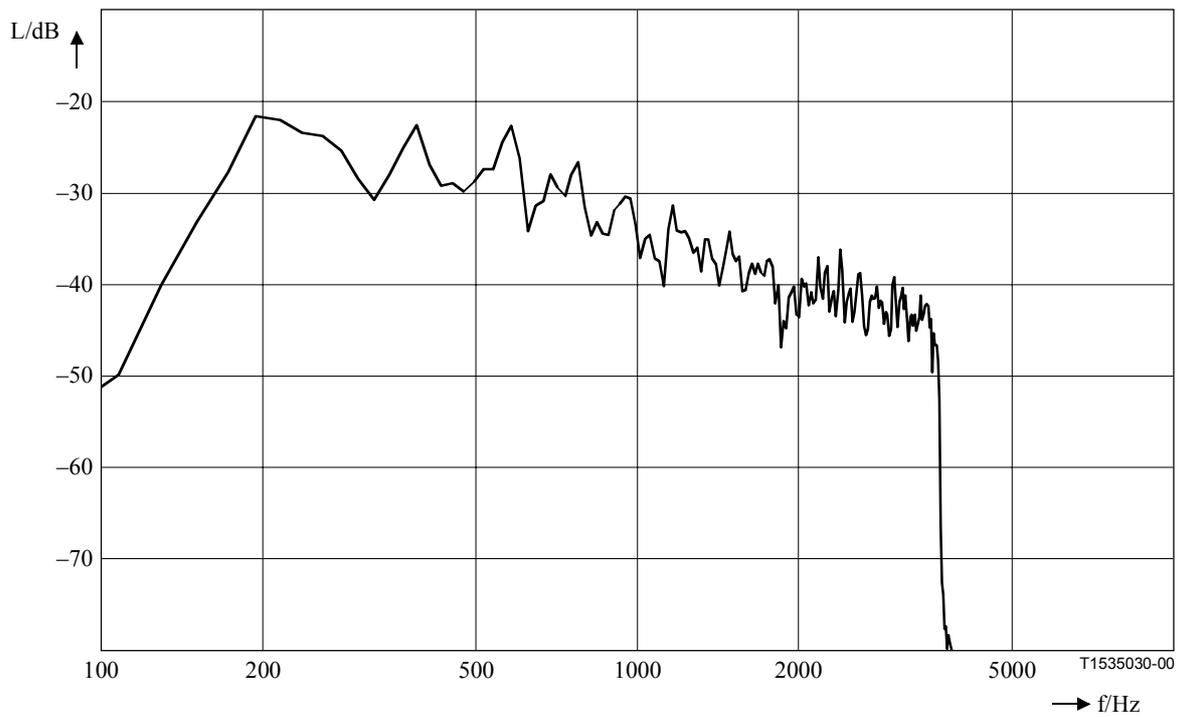


Figure C.5/G.168 – Densité spectrale de puissance de la source composite pour la parole simultanée à bande limitée (signal de parole unique, fenêtre d'analyse: Hanning)

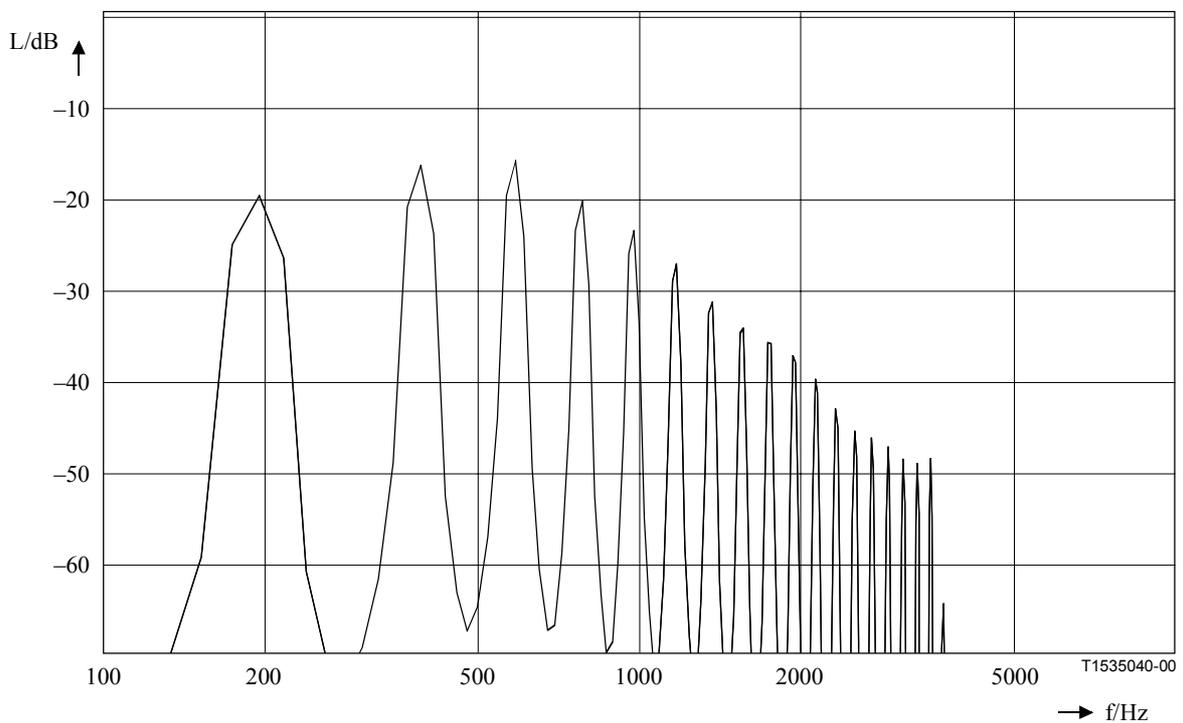
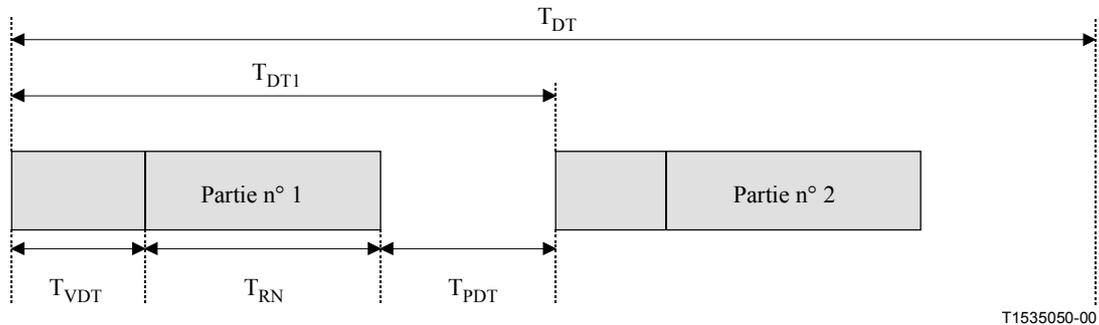


Figure C.6/G.168 – Densité spectrale de puissance pour les signaux voisés de parole simultanée à bande limitée (fenêtre d'analyse: Hanning)

NOTE – Par un sous-échantillonnage ou un suréchantillonnage approprié, d'autres fréquences d'échantillonnage peuvent être obtenues pour la séquence décrite. Il convient que le filtre d'interpolation utilisé pour un sous-échantillonnage ou un suréchantillonnage soit proche d'un filtre rectangulaire parfait. Il est recommandé que l'affaiblissement dans la bande coupée soit > 60 dB, l'ondulation dans la bande étant inférieure à $\pm 0,2$ dB.



Durée:	T_{VDT} (son voisé):	72,69 ms
	T_{RN} (aléatoire):	200,00 ms
	T_{PDT} (pause de parole):	127,31 ms
	T_{DTI} (élément d'une période):	400,00 ms
	T_{DT} (période totale):	800,00 ms

Figure C.7/G.168 – Signaux de la source composite pour simuler la parole simultanée (représentation schématique)

Application

Les signaux de la source composite à bande limitée, pour successivement le monologue et la parole simultanée, s'appliquent à tous les essais pour lesquels des systèmes à bande limitée variant dans le temps et fonctionnant en régime non linéaire doivent être soumis à des essais qui nécessitent la densité spectrale usuelle de puissance moyenne de la parole. Ces signaux s'appliquent en général aux essais des annuleurs d'écho de parole dans les réseaux. Pour tous les essais devant être effectués dans un seul sens de transmission, il convient d'utiliser les signaux de la source composite à bande limitée pour les essais de monologue. Pour les essais devant être effectués en situation de parole simultanée, il convient d'utiliser le signal de parole simultanée dans le sens de la parole simultanée (S_{gen}), alors que le signal de monologue est injecté du côté distant (R_{in}).

C.4 Méthodes d'évaluation des caractéristiques de convergence des annuleurs d'écho de parole en utilisant le signal de la source composite

Le signal de la source composite pour les essais des annuleurs d'écho de parole et le second signal de la source composite qui simule la parole simultanée sont décrits ci-dessus. On dispose de plusieurs techniques d'évaluation lorsqu'il convient de mesurer le niveau du signal d'écho. Les calculs peuvent être effectués dans le domaine temporel ou dans le domaine des fréquences.

C.4.1 Evaluation dans le domaine des fréquences

Le niveau d'un signal peut être évalué par des calculs dans le domaine des fréquences, après application de la transformée de Fourier à la séquence temporelle. Cela permet d'évaluer les niveaux dans une certaine gamme de fréquences, c'est-à-dire la largeur de bande téléphonique de 300 Hz à 3,4 kHz. Un autre avantage de la transformée de Fourier provient de la possibilité d'analyser

d'autres caractéristiques du signal d'écho dans la bande de fréquences, par exemple l'affaiblissement d'écho par rapport à la fréquence. Pour le signal de la source composite, il convient d'utiliser une fenêtre rectangulaire avant le calcul de transformée de Fourier. La séquence de pseudo-bruit est engendrée par une transformée de Fourier rapide sur 8 192 points. Il convient que la fréquence d'échantillonnage soit égale à 44,1 kHz, comme cela est décrit en C.3.1 et C.3.2, pour engendrer les signaux de la source composite. Il convient que la longueur de la séquence utilisée pour la transformation, soit la longueur totale qui correspond à 700 ms, en incluant le son voisé, la séquence de pseudo-bruit et la pause de parole. Différentes mesures ont montré que des effets parasites supplémentaires pouvaient apparaître pendant les pauses de parole (par exemple signal d'écho résiduel commuté ou bruit de fond modulé), en raison du retard de signal ou du bruit produit par le circuit soumis aux essais. Il convient donc d'analyser le signal d'écho sur une longueur de séquence correspondant à 700 ms, c'est-à-dire la période totale du signal de la source composite. Un inconvénient des évaluations de niveau effectuées à partir du domaine des fréquences provient du fait que celles-ci donnent une résolution temporelle réduite à une longueur de transformée de Fourier. Il convient que les niveaux évalués dans le domaine des fréquences ne soient utilisés qu'à l'issue de la convergence ou après le blocage d'adaptation pour la mesure des niveaux de signal et des niveaux d'écho résiduel.

C.4.2 Evaluation dans le domaine temporel

L'évaluation du niveau de signal d'écho dans le domaine temporel est nécessaire pour l'analyse de l'affaiblissement d'écho par rapport au temps étant donné sa résolution élevée dans le domaine temporel. Une méthode adaptée est indiquée dans la publication 60651 de la CEI [34] "Sonomètres". Elle décrit les mesures effectuées par les sonomètres et préconise trois constantes de temps, "lent" (1000 ms), "rapide" (125 ms) et "impulsion" (35 ms). Si les résultats des mesures effectuées par différents laboratoires doivent être comparés, il est nécessaire de convenir d'une seule et unique procédure de mesure. Une constante de temps courte présente des avantages en raison de la résolution la plus élevée possible dans le domaine temporel, alors que des constantes de temps plus longues ont pour avantage de fournir des résultats faisant ressortir, par ce type d'évaluation, le niveau moyen de la séquence temporelle qui est analysée. Si, par exemple, plusieurs évaluations de niveaux par rapport au temps étaient représentées sur la même figure, des constantes de temps très courtes pourraient aboutir à des représentations peu lisibles. Ceci est dû au fait que les évaluations sont plus sensibles à des variations même infimes du signal, lorsqu'une constante de temps très courte, par exemple 35 ms ("impulsion"), est utilisée. Ainsi, l'utilisation de la constante de temps "rapide" (125 ms) selon la publication 60651 de la CEI est mieux adaptée aux évaluations de niveau par rapport au temps.

Ceci est une méthode adaptée pour analyser la vitesse de convergence des annuleurs d'écho de parole au début de l'adaptation. Le niveau de signal d'écho est évalué en utilisant la constante de temps "rapide" selon la publication 60651 de la CEI [34]. Les variations de niveau dues aux fluctuations du signal d'entrée peuvent être éliminées si l'on utilise, pour le signal d'écho, un niveau relatif au signal d'entrée. Cela représente le renforcement de l'affaiblissement d'adaptation pour l'écho (ERLE, *echo return loss enhancement*) en fonction du temps. L'inconvénient est que toute autre analyse est exclue dans le domaine des fréquences. Lorsqu'on utilise des appareils de mesure conformes à la publication 60651 de la CEI, les constantes de temps de détection de crête ou d'extinction indiquées dans ladite publication ne doivent pas être intégrées aux mesures décrites dans la présente Recommandation UIT-T.

C.4.3 Calculs de niveau selon le niveau de parole active de P.56

Les évaluations de niveau peuvent être réalisées selon la Recommandation UIT-T P.56 [15]. Cette évaluation est effectuée à partir du domaine temporel également. Elle permet d'obtenir une valeur et un pourcentage d'activité de parole. Il peut être judicieux d'évaluer le niveau d'écho résiduel, mais un nombre supérieur de paramètres doit être défini pour garantir la même utilisation de cet algorithme. Des difficultés peuvent surgir lors de l'analyse des signaux d'écho à très faible niveau. Ce niveau

peut tomber en dessous du niveau de reconnaissance de la parole active. Bien que les calculs soient effectués dans le domaine temporel ils présentent un autre inconvénient, celui de ne fournir qu'une seule valeur. Il n'est pas possible d'obtenir la variation du niveau par rapport au temps, ce qui est important pour les mesures de convergence. De ce fait, il est plus approprié d'analyser le niveau de signal d'écho résiduel en utilisant la transformée de Fourier, telle qu'elle est décrite en C.4.1, ou en procédant à des évaluations de niveau dans le domaine temporel pour les signaux d'écho variant dans le temps (par exemple la convergence des annuleurs d'écho) par référence à la publication 60651 de la CEI, comme cela est décrit en C.4.2.

ANNEXE D

Modèles de trajet d'écho pour les essais des annuleurs d'écho

D.1 Introduction

Les modèles de trajet d'écho qui suivent peuvent être utilisés pour les essais de la présente Recommandation UIT-T. Le trajet d'écho est simulé par un filtre numérique linéaire avec la réponse impulsionnelle $g(k)$. Pour prendre en compte les divers retards, les différents affaiblissements d'adaptation pour l'écho et les différentes caractéristiques de dispersion et durées, $g(k)$ est choisi comme une version retardée et affaiblie de l'une quelconque des séquences $m_i(k)$, $i = 1, 2, \dots, 7$ qui sont indiquées dans les tableaux des sections D.2 et D.3.

$$g(k) = \left(10^{-ERL/20} K_i\right) m_i(k - \delta) \quad (D.1-1)$$

Les séquences $m_i(k)$ représentent des trajets d'écho avec diverses caractéristiques de dispersion et différentes durées. Il convient que le retard δ soit choisi de sorte que les valeurs non nulles de $g(k)$ puissent être capturées par le registre H de l'annuleur d'écho.

Pour les essais qui utilisent le signal de la source composite ou du bruit blanc comme signaux d'entrée, les valeurs K_i sont indiquées dans le Tableau D.1 suivant pour les sept séquences $m_i(k)$:

Tableau D.1a/G.168 – Facteur d'échelle K_i pour les sept modèles de trajet d'écho numérique

i	K_i
1	$1,39 \times 10^{-5}$
2	$1,35 \times 10^{-5}$
3	$1,52 \times 10^{-5}$
4	$1,77 \times 10^{-5}$
5	$9,33 \times 10^{-6}$
6	$1,51 \times 10^{-5}$
7	$1,31 \times 10^{-5}$

NOTE – Pour les modèles de trajet d'écho m_2 et m_7 , les équivalents ERL mesurés à partir de l'écho produit par $g(k)$ sont, respectivement, à 0,55 dB et à 5,06 dB au-dessus de la valeur de la variable ERL utilisée dans l'équation D.1-1. Cela a pour objet de garantir que la réponse en amplitude du trajet d'écho normalisé $g(k)$ ne dépasse pas le niveau de 0 dB au-dessus de la gamme de fréquence appropriée.

Pour les essais qui utilisent une ou plusieurs tonalités comme signal d'entrée, il convient que les valeurs de K_i soient calculées en utilisant la formule.

$$K_i = \frac{1}{\max_f |M_i(f)|} \quad (D.1-2)$$

où

$$M_i(f) = \sum_{k=0}^{L-1} m_i(k) \exp\left(-\frac{j2\pi fk}{8192}\right) \quad (\text{D.1-3})$$

avec $i = 1, 2, \dots, 7$;
 $f = 0, 1, \dots, 4095$;
 L longueur de $m_i(k)$.

Pour les essais faisant appel à des tonalités comme signaux d'entrée, les valeurs de K_i sont indiquées dans le Tableau D.1b suivant pour les 7 séquences $m_i(k)$.

Tableau D.1b/G.168 – Facteur d'échelle K_i pour les sept modèles de trajet d'écho numérique dans le cas de tonalités

i	K_i
1	$1,22 \times 10^{-5}$
2	$6,78 \times 10^{-6}$
3	$9,66 \times 10^{-6}$
4	$1,07 \times 10^{-5}$
5	$7,05 \times 10^{-6}$
6	$8,60 \times 10^{-6}$
7	$6,58 \times 10^{-6}$

D.2 Modèles de trajet d'écho générés par un simulateur de circuit différentiel de réseau

Le présent sous-paragraphe contient quatre modèles de trajet d'écho qui sont générés par un simulateur de circuit différentiel de réseau. Les Tableaux D.2, D.3, D.4 et D.5 indiquent les valeurs pour $m_i(k)$ pour $i = 1, 2, 3, 4$. Elles doivent être lues en colonnes. Les réponses impulsionnelles correspondantes sont indiquées aux Figures D.1, D.2, D.3 et D.4.

Tableau D.2/G.168 – Réponse impulsionnelle du modèle de trajet d'écho 1; $m_1(k)$

-436	46150	390	-3948	-1098	745	1033	899	73	-512	-772
-829	34480	-8191	-2557	-618	716	1091	716	-119	-580	-820
-2797	-10427	-1751	-3372	-340	946	1053	390	-109	-704	-839
-4208	9049	-6051	-1808	-61	880	1042	313	-176	-618	-724
-17968	-1309	-3796	-2259	323	1014	794	304	-359	-685	
-11215	-6320	-4055	-1300	419	976	831	304	-407	-791	

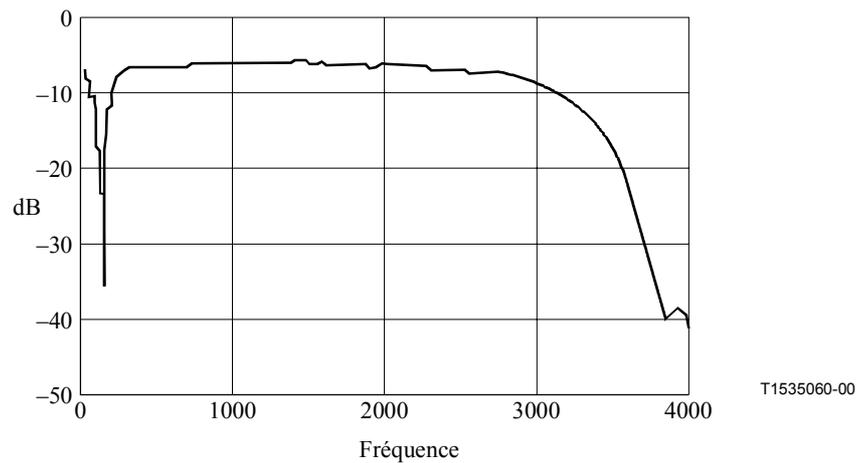
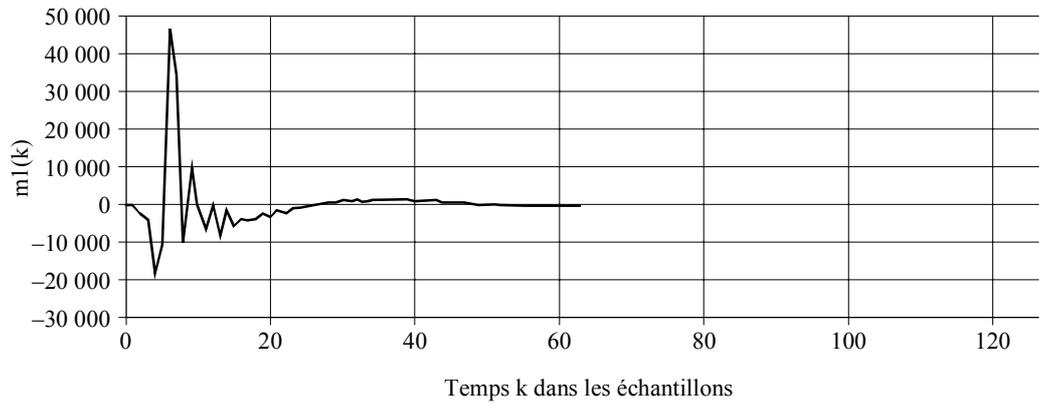
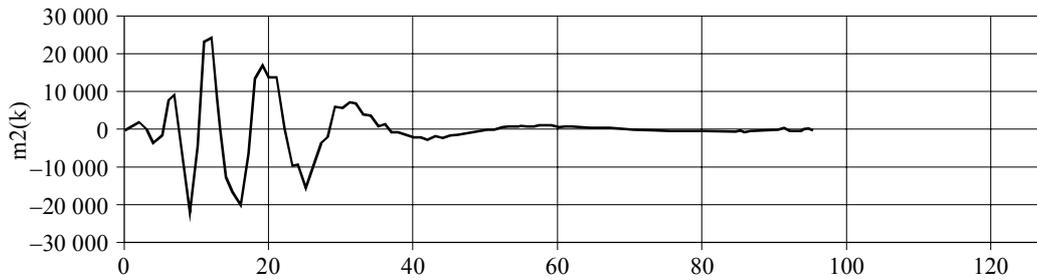


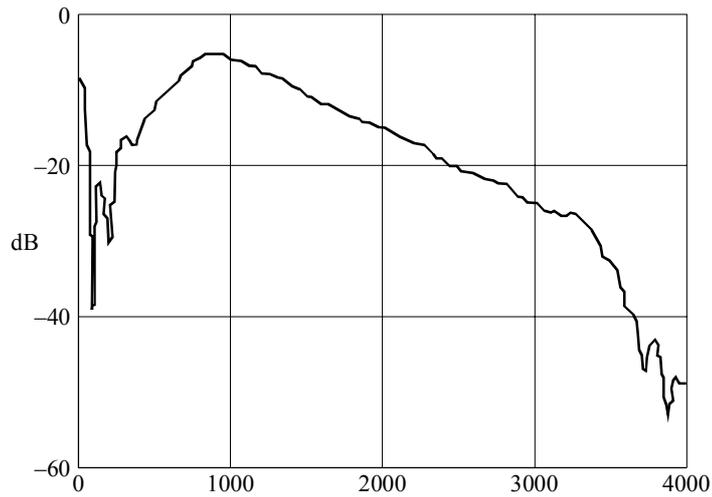
Figure D.1/G.168 – Réponse impulsionnelle et réponse d'amplitude du modèle de trajet d'écho 1 (dispersion courte, ERL = 7,6 dB)

Tableau D.3/G.168 – Réponse impulsionnelle du modèle de trajet d'écho; $m_2(k)$

-381	-21370	13509	-3858	1316	-1468	789	658	-331	-479	-249
658	-5307	17115	-1979	-693	-1221	954	476	-347	-479	-216
1730	23064	13952	6029	-759	-842	756	377	-430	-512	-249
-51	24020	13952	5616	-1517	-463	839	377	-314	-479	-265
-3511	1020	97	7214	-2176	-298	872	262	-430	-397	-166
-1418	-12374	-9326	6820	-2028	-68	1020	97	-463	-430	-232
7660	-16296	-9046	3935	-2654	64	789	-68	-463	-397	
8861	-19524	-15208	3919	-1814	493	822	-183	-414	-298	
-8106	-7480	-9853	921	-2077	723	558	-232	-381	-265	



Temps k dans les échantillons



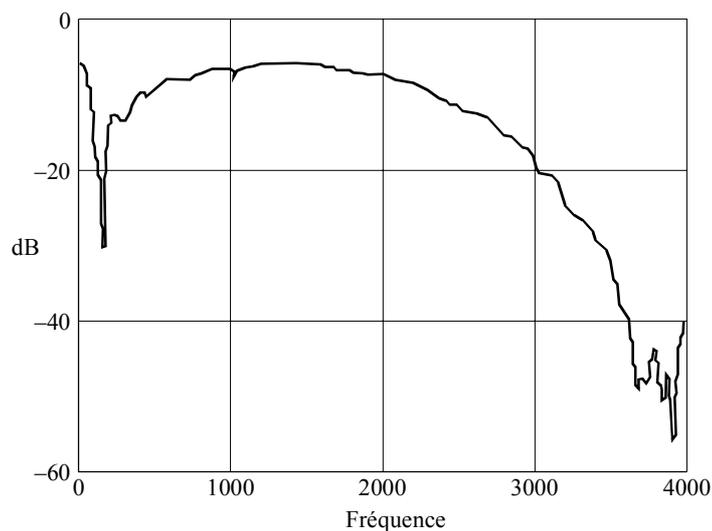
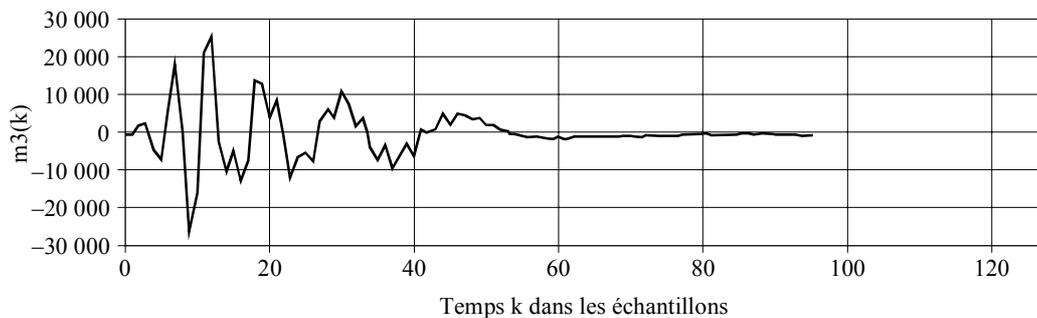
T1535070-00

Fréquence

Figure D.2/G.168 – Réponse impulsionnelle et réponse d'amplitude du modèle de trajet d'écho 2 (dispersion moyennement courte, ERL = 12,2 dB)

Tableau D.4/G.168 – Réponse impulsionnelle du modèle de trajet d'écho 3; $m_3(k)$

-448	-26261	14164	3271	-3101	2172	-139	-1066	-814	-233	-390
-436	-16249	13467	6566	-9269	5387	-573	-1020	-871	-333	-482
2230	21637	4438	4277	-6146	4598	-1100	-1100	-734	-356	-459
2448	25649	8627	11131	-2553	3535	-1157	-1008	-642	-390	-482
-4178	-2267	456	7562	-6272	4004	-1180	-1077	-562	-310	-551
-7050	-10311	-11879	1475	811	2311	-1455	-1088	-356	-265	-573
5846	-4693	-6352	3728	124	2150	-1123	-917	-379	-368	
18581	-12690	-5104	-3525	788	1017	-1386	-917	-345	-310	
2322	-7428	-7496	-7301	5147	330	-1123	-963	-230	-310	



T1535080-00

Figure D.3/G.168 – Réponse impulsionnelle et réponse d'amplitude du modèle de trajet d'écho 3 (dispersion moyennement longue, ERL = 9 dB)

Tableau D.5/G.168 – Réponse impulsionnelle du modèle de trajet d'écho 4; $m_4(k)$

160	4041	14624	6850	2393	1592	2654	4617	-220	203	-57
312	14484	-6975	3944	2784	-4752	-881	3576	-306	-111	-24
-241	-1477	-17156	6969	-892	-3646	-4113	2382	257	95	30
-415	-21739	-187	8694	-7366	-5207	-3244	2839	615	-79	-68
897	-4470	149	-4068	-3376	-5577	-7289	-404	225	30	84
908	25356	1515	-3852	-5847	-501	-3830	539	561	84	-155
-1326	11458	14907	-5793	-2399	-1174	-4600	-1803	8	-13	-68
-1499	-19696	4345	-9371	3011	4041	-2508	-1401	344	-68	19
2405	-11800	-7128	453	1537	5647	431	-1705	127	-241	
3347	5766	-2757	1060	6623	4628	-144	-2269	-57	-68	
-3624	789	-10185	3965	4205	7252	4184	-783	182	-24	
-7733	6633	-7083	9463	1602	2123	2372	-1608	41	19	

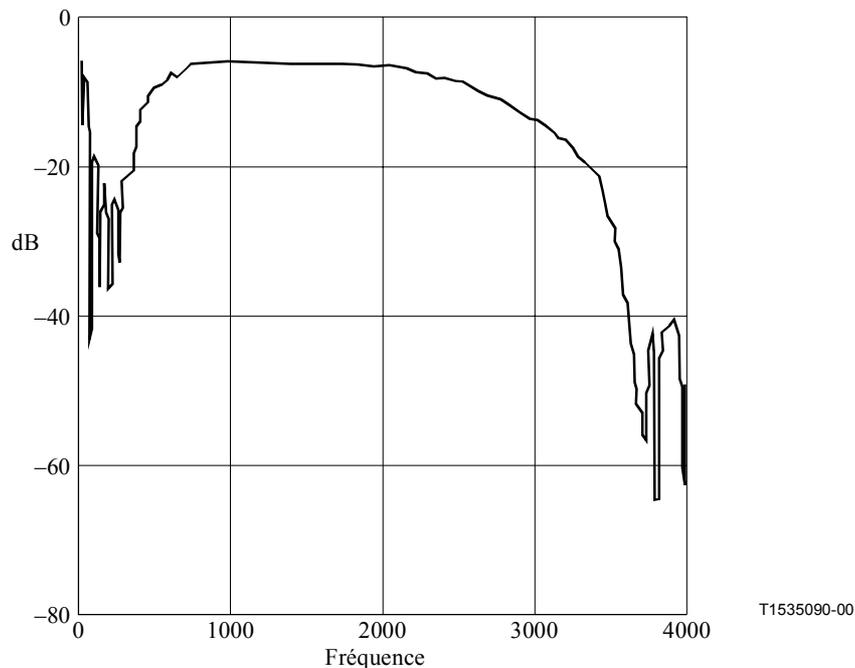
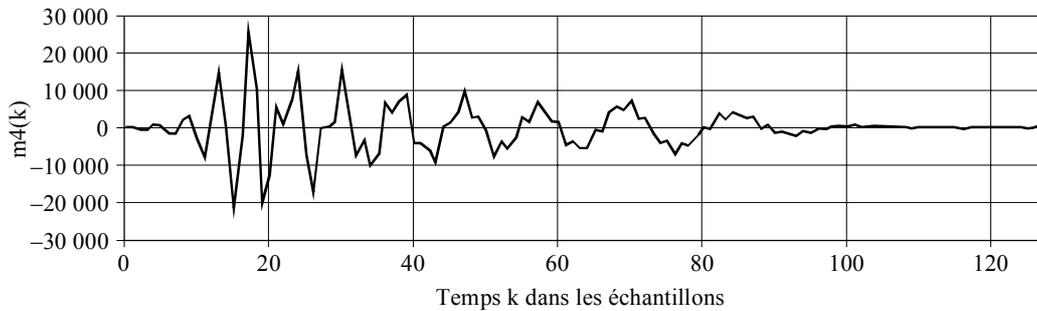


Figure D.4/G.168 – Réponse impulsionnelle et réponse d'amplitude du modèle de trajet d'écho 4 (dispersion longue, ERL = 8,6 dB)

D.3 Modèles de trajet d'écho mesurés sur des réseaux téléphoniques en Amérique du Nord

Le présent sous-paragraphe présente trois modèles de trajet d'écho réalistes mesurés sur des réseaux téléphoniques nord-américains. La méthode de mesure pour le modèle de trajet d'écho est décrite dans l'Appendice II. L'Appendice II comprend également les caractéristiques statistiques (réponse d'amplitude, durée du temps de dispersion et le nombre de réflexions) des chemins d'écho mesurés en Amérique du Nord.

Les Tableaux D.6, D.7 et D.8 ci-dessous fournissent une table des trois modèles de trajet d'écho. Les numéros sont lus en colonnes. Les réponses impulsionnelles ainsi que les réponses d'amplitude des modèles sont indiquées respectivement aux Figures D.5, D.6 et D.7.

Le modèle de trajet d'écho indiqué au Tableau D.6 présente une réflexion simple avec une durée de réflexion d'environ 6 ms. Ce modèle a une caractéristique de domaine des fréquences très proche de la moyenne des réponses d'amplitude de chemins d'écho mesurées. Ce type d'écho se produit le plus souvent dans les mesures.

Le modèle de trajet d'écho indiqué au Tableau D.7 présente une seule réflexion. Il possède une durée de dispersion d'environ 9 ms. Cette longue durée de dispersion est due à la crête spectrale à environ 250 Hz.

Les modèles de trajet d'écho indiqués au Tableau D.8 présentent des réflexions doubles. Les réponses impulsionnelles provenant des deux réflecteurs se chevauchent. La durée de réflexion de ce modèle est d'environ 6 ms.

Noter qu'en raison de la réponse spécifique en amplitude du modèle de trajet d'écho m₇, ce modèle peut ne pas être représentatif pour les essais 10A et 10B lorsque le processeur NLP est neutralisé (ce qui est dû à des coupures dans la réponse en amplitude aux fréquences utilisées dans ces essais).

Tableau D.6/G.168 – Réponse impulsionnelle du modèle de trajet d'écho 5; m₅ (k)

293	896	20	-22548	3889	-5022	-1608	1640	733	-513	-404
268	604	-938	-43424	7241	-4039	-645	1901	665	-473	-344
475	787	-523	2743	925	-4842	-495	1687	323	-588	-290
460	561	-1438	25897	2018	-4104	279	1803	221	-612	-202
517	538	-1134	7380	-821	-4089	471	1543	-14	-652	-180
704	440	-1887	21499	-2068	-3582	947	1566	-107	-616	-123
581	97	-1727	11983	-2236	-2978	1186	1342	-279	-566	
879	265	-1698	10400	-4283	-2734	1438	1163	-379	-515	
573	-385	-4266	11667	-3406	-1805	1669	963	-468	-485	

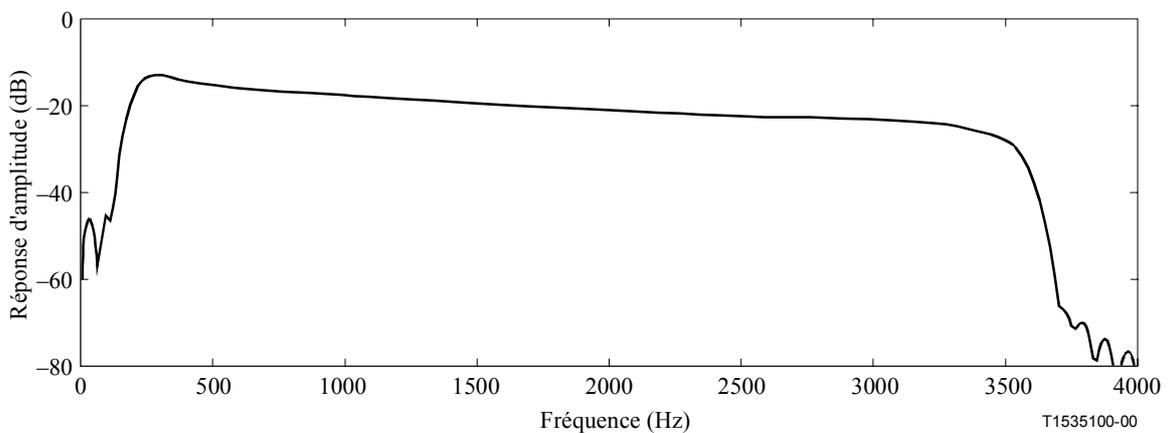
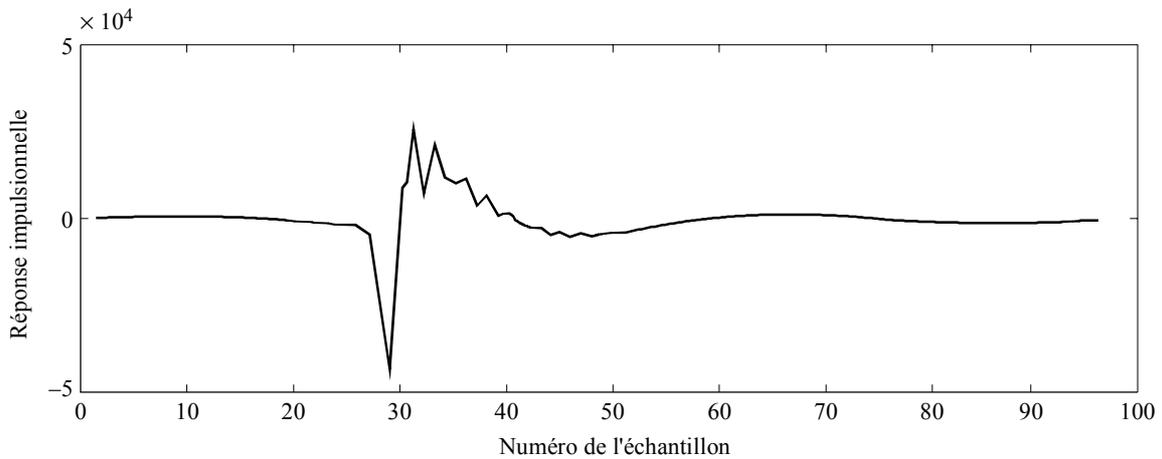
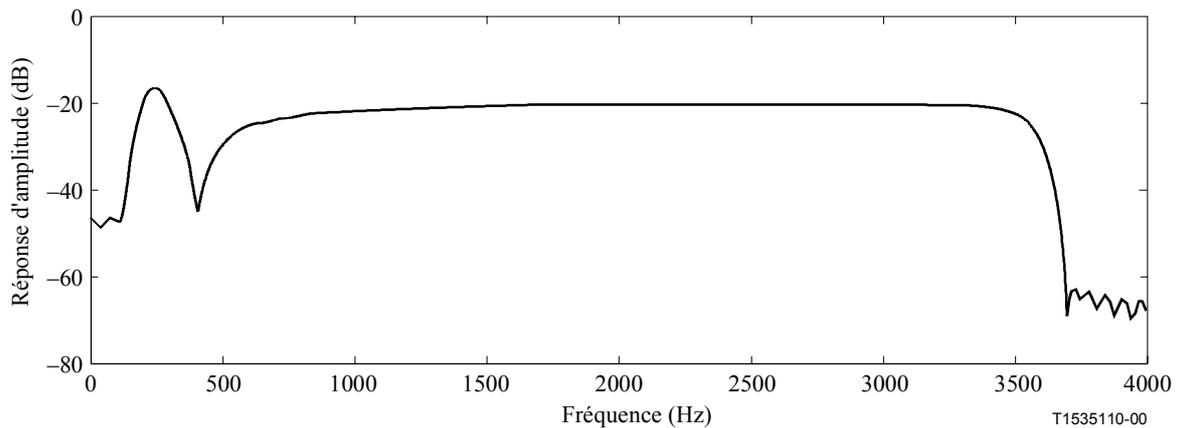
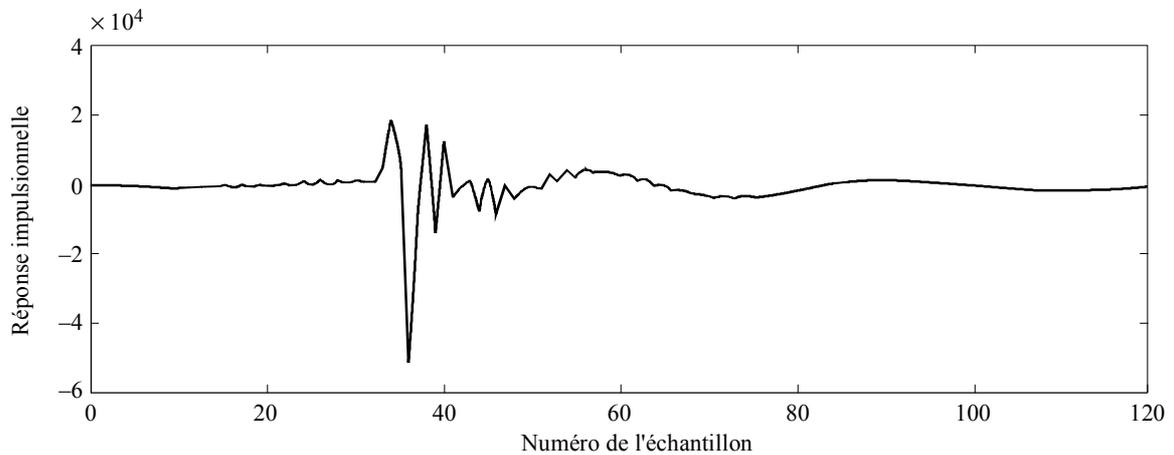


Figure D.5/G.168 – Réponse impulsionnelle et réponse d'amplitude du modèle de trajet d'écho 5

**Tableau D.7/G.168 – Réponse impulsionnelle du modèle de chemin impulsionnelle
du modèle de trajet d'écho 6; $m_6(k)$**

29	-450	158	19522	2469	5025	-1117	-1956	1724	482	-838
109	-105	1341	8421	-7994	3946	-2134	-1539	1871	289	-837
-83	-503	195	-50953	490	4414	-2547	-1239	1767	54	-834
198	145	1798	-9043	-3860	4026	-2589	-570	1802	-137	-740
-294	-490	344	18046	-837	3005	-3310	-377	1630	-321	-673
-135	267	1845	-13553	490	3380	-2778	251	1632	-490	-581
-415	-231	629	13336	-636	1616	-3427	331	1379	-638	-493
-202	340	1604	-3471	3682	2007	-2779	964	1271	-764	-436
-444	77	1182	-107	1141	158	-3116	1177	1063	-836	-327
-337	343	940	1788	5019	388	-2502	1449	856	-800	-201
-313	783	5163	-7409	2635	-1198	-2399	1564	711	-859	



**Figure D.6/G.168 – Réponse impulsionnelle et réponse d'amplitude
du modèle de trajet d'écho 6**

Noter qu'en raison de la réponse spécifique en amplitude du modèle de trajet d'écho m_7 , ce modèle peut ne pas être représentatif pour les essais 10A et 10B lorsque le processeur NLP est neutralisé (ce qui est dû à des coupures dans la réponse en amplitude aux fréquences utilisées dans ces essais).

Tableau D.8/G.168 – Réponse impulsionnelle du modèle de trajet d'écho 7; $m_7(k)$

258	-343	-1601	8950	18072	-4342	6868	1239	-415	-325	365
-111	-596	-1389	-1574	-14410	-7415	-2195	2	-372	-245	303
337	-177	-13620	758	-7473	7929	3425	-427	-769	-255	251
-319	-1187	-720	3526	19836	-10726	1969	596	-183	-60	230
347	-52	33818	-3118	-16854	6239	-109	-1184	-785	35	209
-434	-1781	-10683	2421	-3115	-2526	3963	551	-270	218	179
192	-147	-6742	-8966	9483	-1317	-1275	-1244	-659	149	
-450	-1959	12489	-4901	-17799	5345	3087	141	-377	340	
-108	-326	-9862	11385	7399	-4565	-892	-743	-523	233	

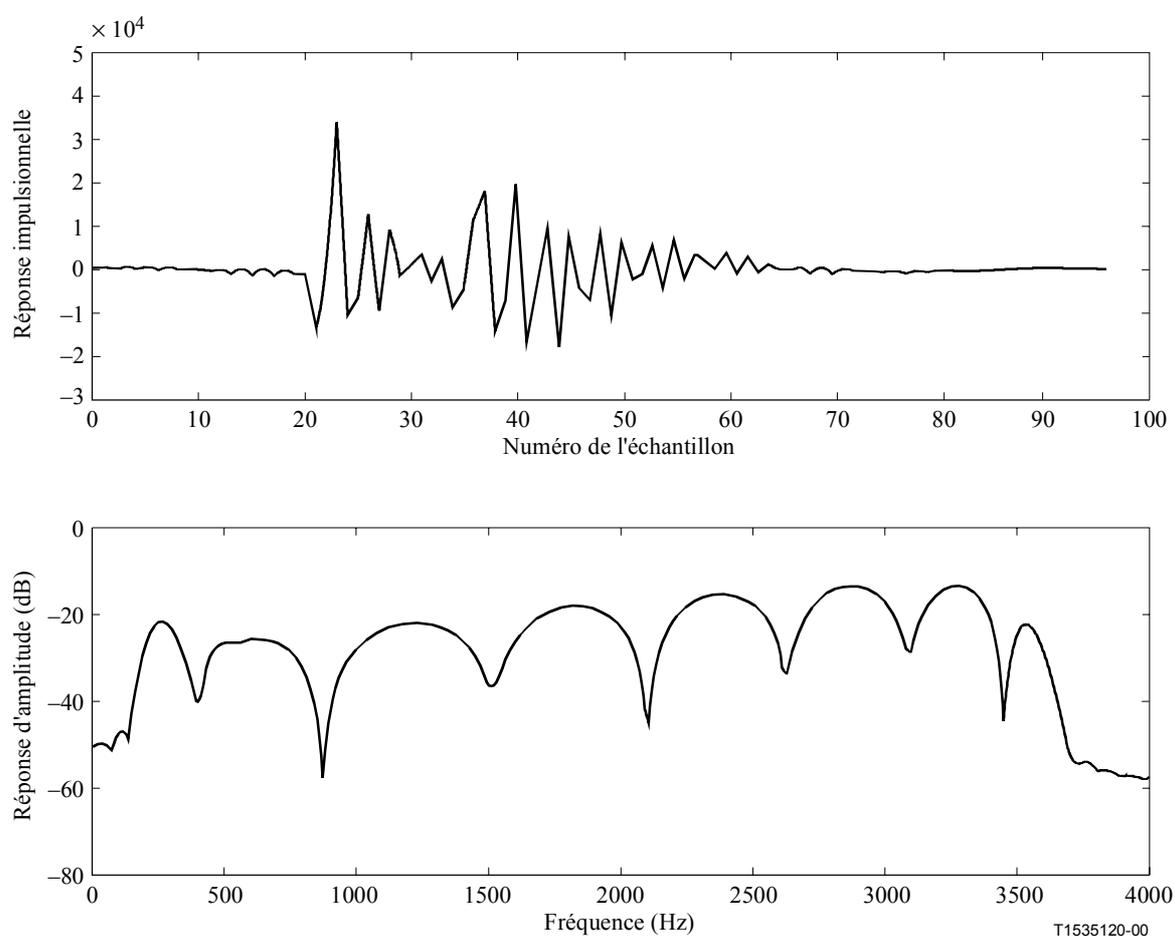


Figure D.7/G.168 – Réponse impulsionnelle et réponse d'amplitude du modèle de trajet d'écho 7

Guide d'application des annuleurs d'écho

I.1 Domaine d'application

Les annuleurs d'écho sont des processeurs de signaux adaptatifs utilisés pour réduire l'écho; on prévoit qu'ils remplaceront les supprimeurs d'écho dans les réseaux modernes de télécommunication. Les annuleurs d'écho, installés isolément ou montés en cascade, sont de plus en plus souvent utilisés sur presque toutes les liaisons à grande distance. Le présent appendice répond aux objectifs suivants:

- expliquer les principes généraux de fonctionnement des annuleurs d'écho;
- définir un ensemble limité de règles d'application et de contraintes dans lequel fonctionnent les annuleurs d'écho;
- préciser la répartition des rôles entre les ingénieurs chargés de l'architecture du réseau téléphonique public commuté (RTPC), les constructeurs de modems, les ingénieurs chargés de l'architecture des réseaux privés et les utilisateurs finals en ce qui concerne la réduction d'écho (dont l'origine se trouve à l'intérieur ou à l'extérieur du RTPC), de même que les aspects liés à la conception des terminaux;
- déterminer quels peuvent être les effets des annuleurs d'écho sur la qualité de la parole perçue, la qualité des données en bande vocale, de même que les caractéristiques des différents systèmes de traitement du signal telles qu'elles sont perçues (par exemple dans les systèmes de multiplication de circuits numériques et de circuits par paquets);
- étudier les évolutions dans les réseaux à la fois publics et privés pouvant nécessiter que les annuleurs d'écho soient étudiés sous d'autres aspects, afin de mieux cerner comment de telles évolutions peuvent affecter le fonctionnement des annuleurs d'écho actuels;
- expliquer comment l'introduction de nouveaux services, dont l'implémentation a été acceptée, pourrait conduire à de nouvelles évolutions dans la conception des annuleurs d'écho.

I.2 Réduction d'écho sur le réseau RTPC

I.2.1 Plan de transmission sur le réseau RTPC

Dans le réseau téléphonique, la ligne d'accès est en général constituée par une installation à 2 fils entre les locaux du client et l'autocommutateur alors que les installations de transmission entre les autocommutateurs ont en général quatre fils sur les liaisons à grande distance. Dans le convertisseur deux fils-quatre fils qui se trouve normalement sur une carte joncteur d'abonné, une adaptation d'impédance parfaite ne peut pas être obtenue, ce qui a pour effet de renvoyer un signal appelé "écho". Un des soucis majeurs des ingénieurs chargés de l'architecture du réseau RTPC est par conséquent d'assurer une réduction d'écho qui permette d'obtenir une qualité satisfaisante de transmission.

En ce qui concerne les liaisons à faible temps de propagation, on réduit l'écho en introduisant des affaiblissements appropriés sur les trajets de transmission comme cela est défini dans la Recommandation UIT-T G.131 [3]. Des liaisons à temps de propagation plus élevé nécessitent des dispositifs de réduction d'écho. Il incombe aux ingénieurs responsables de l'architecture du réseau RTPC de concevoir ce réseau de façon que les systèmes de réduction d'écho installés permettent de réduire l'écho de façon appropriée à partir du convertisseur deux fils-quatre fils sur le réseau RTPC et de s'assurer que le client obtient une qualité de transmission satisfaisante.

Dans le passé, on utilisait les supprimeurs d'écho pour réduire l'écho sur les réseaux à grande distance. Aujourd'hui, cependant, l'utilisation de l'annuleur d'écho est largement répandue. Alors que les concepteurs et les responsables de l'ingénierie du réseau RTPC mettent en œuvre les technologies

les plus récentes et les plus développées, il convient que les concepteurs de modems, les utilisateurs finals et d'autres responsables comprennent que l'ensemble des installations technologiques incorporées au niveau mondial pourra conserver, dans les années à venir, certaines technologies de réduction d'écho plus anciennes sur certaines liaisons. Par exemple, les liaisons du réseau RTPC peuvent inclure certaines associations de supprimeurs d'écho analogiques ou numériques selon la Recommandation UIT-T G.164 [4], d'annuleurs d'écho analogiques ou numériques selon G.165 [5] équipés de dispositifs de neutralisation par tonalité selon G.164, et également d'annuleurs d'écho analogiques ou numériques selon G.165 et d'annuleurs d'écho numériques selon G.168 équipés de dispositifs de neutralisation par tonalité selon G.165 et G.168. Les deux sous-paragraphes suivants récapitulent les raisons pour lesquelles des annuleurs d'écho sont utilisés à la place des supprimeurs d'écho dans les réseaux téléphoniques modernes.

1.2.2 Supprimeurs d'écho

Le principe des supprimeurs d'écho, bien connu, se résume en quelques lignes. Quand la parole est détectée sur le trajet de réception, un très fort affaiblissement est inséré sur le trajet d'émission. Quand la parole simultanée est détectée, le trajet d'émission est fermé et un affaiblissement de réception est introduit sur le trajet de réception. Ainsi, dans des conditions de parole simultanée, il n'y a pas de suppression d'écho et l'écho est beaucoup plus affaibli que la parole en direct. D'autres améliorations sont possibles, comme cela est indiqué dans la Recommandation UIT-T G.164 [4].

De nombreux problèmes peuvent survenir pendant le fonctionnement des supprimeurs d'écho, étant donné que les niveaux de transmission déterminent essentiellement le côté du locuteur et le côté de l'auditeur. Si le niveau de l'écho est élevé et le niveau de parole en direct est faible, la parole pourrait être mutilée et il pourrait être difficile de distinguer le monologue de la parole simultanée. Ceci peut survenir également au début ou à la fin d'une rafale de parole.

Les problèmes se compliquent sur les trajets de transmission comportant un temps de propagation élevé, étant donné que le schéma de conversation est habituellement modifié. Par ailleurs, le montage en cascade des supprimeurs d'écho n'est pas recommandé. Dans le cas des données en bande vocale, une tonalité à 2100 Hz est spécifiée pour permettre de désactiver le supprimeur d'écho avant le début de la transmission de données, et ce pour deux raisons principales:

- éviter les affaiblissements d'insertion pour les modems dotés d'un canal secondaire;
- éviter les retards dus au temps de maintien lors des retournements, ce qui augmente en même temps le débit.

La télécopie constitue un cas particulier. Même si un supprimeur d'écho est neutralisé par une tonalité à 2100 Hz, il peut être réactivé pendant une transmission de télécopie. Le temps de maintien du dispositif de neutralisation par tonalité d'un supprimeur d'écho est spécifié comme étant égal à 250 ± 150 ms au 5.7/G.164. Par conséquent, des périodes de silence supérieures à 100 ms et inférieures à 400 ms dans les supprimeurs d'écho peuvent provoquer la neutralisation du supprimeur d'écho, alors que des périodes supérieures à 400 ms entraînent sa réactivation. Pendant une communication de télécopie, un certain nombre de périodes de silence peuvent être suffisamment longues pour permettre la réactivation du supprimeur d'écho. Par ailleurs, certains constructeurs d'équipements de télécopie ont choisi de dépasser les intervalles de séparation des signaux spécifiés dans la Recommandation UIT-T T.30 [23], les supprimeurs d'écho pouvant de ce fait être réactivés.

Les supprimeurs d'écho qui sont activés peuvent déformer les signaux de télécopie. Un type de distorsion est la troncature des signaux de retournement rapide. Le supprimeur d'écho fonctionne normalement en mode de monologue, de sorte que le supprimeur bascule à l'état activé quand un signal arrive à l'accès de réception, et reste dans cet état tant qu'aucun signal n'arrive pendant un certain temps. Le temps de maintien recommandé avant chaque changement d'état est compris dans la gamme de 24 à 36 ms, comme cela est spécifié dans le Tableau 4/G.164. Le temps de maintien de la suppression assure la protection contre l'écho mémorisé par le trajet d'écho local.

La Recommandation UIT-T T.30 spécifie cependant qu'il convient que le temps de garde entre la transmission V.21 [26] et la transmission V.29 [31] soit 75 ± 20 ms. Si un signal de retour provenant du télécopieur local [avec une séquence de réponse–message V.21 ou une séquence V.21/V.29 telle qu'une confirmation de réception (CFR) suivie d'un apprentissage] atteint l'accès d'émission d'un supprimeur d'écho dans les 24 à 36 ms qui suivent de la fin du signal à l'accès de réception, la persistance des affaiblissements d'insertion de la suppression d'écho ou de l'état de circuit ouvert peut entraîner un affaiblissement. En conséquence, le supprimeur d'écho mutile la partie initiale de ce signal de retournement rapide. Quand ce signal fait partie du signal d'apprentissage ou de vérification d'apprentissage, l'apprentissage peut être interrompu et un repli en débit s'ensuit, ou dans le cas le plus défavorable, il est mis fin à l'appel.

De façon similaire, un supprimeur d'écho mis à l'état activé peut bloquer un signal de canal secondaire de faible niveau. Si le niveau de ce signal est suffisamment élevé, le supprimeur peut se mettre dans le mode de parole simultanée, dans lequel un affaiblissement de réception est inséré. Il en résulte une réduction des niveaux à la fois sur les signaux d'émission et sur les signaux de réception, pour autant que des supprimeurs d'écho se trouvent aux deux extrémités de la liaison et qu'ils se trouvent tous deux en mode de parole simultanée.

En dernier lieu, et pour certaines associations de temps de propagation et d'affaiblissements d'insertion, l'écho pour l'auditeur peut entraîner une persistance suffisamment longue de la tonalité à 2100 Hz pour neutraliser les supprimeurs d'écho. Cet écho peut alors contribuer à la dégradation de la qualité de l'image en réduisant le rapport signal/bruit durant la transmission de télécopie page par page.

Antérieurement à la Recommandation UIT-T V.32 [32], la plupart des modems à 2 fils utilisaient la répartition en fréquence pour fonctionner en duplex intégral (c'est-à-dire que des fréquences porteuses différentes étaient utilisées dans chaque sens de transmission). Au début des années 80, les statistiques indiquaient que certains annuleurs d'écho amélioraient effectivement le fonctionnement des modems à basse vitesse conçus selon les Recommandations UIT-T V.21 [26], V.23 [27], V.26 [29] (variante B), V.27 *ter* [30] et V.29 [31] (c'est-à-dire réduisaient ou éliminaient les erreurs sur les bits). Il a donc été admis que ces modems devaient être équipés d'un annuleur d'écho actif et d'un supprimeur d'écho neutralisé. Par conséquent, la Recommandation UIT-T G.165 [5] a été modifiée pour recommander que les annuleurs d'écho soient neutralisés par une tonalité à 2100 Hz avec inversions de phase.

Récemment, des données préliminaires ont indiqué que certaines associations de modems/annuleurs d'écho, dans diverses configurations de réseau simulées provoquaient une dégradation des caractéristiques de fonctionnement quand les annuleurs d'échos étaient activés. Cependant, la commission des industries des modems n'a pas connu de tels problèmes avec les modems à basse vitesse sur les circuits équipés d'annuleurs d'écho.

Les modems V.32 utilisent quant à eux la même bande de fréquences dans les deux sens et réalisent un fonctionnement en duplex intégral en utilisant un annuleur d'écho intégré. Les annuleurs d'écho qui sont intégrés à ce modem de données en bande vocale ne doivent pas être confondus avec les annuleurs d'écho de réseau qui sont conformes à la Recommandation UIT-T G.165, étant donné que les spécifications concernant les caractéristiques de fonctionnement sont très différentes pour chaque type d'annuleur.

I.2.3 Annuleurs d'écho

Les annuleurs sont des dispositifs utilisant le traitement de signal adaptatif pour réduire ou diminuer les échos. Les annuleurs d'écho sont introduits dans la partie à quatre fils d'un circuit et diminuent (ou annulent) l'écho en soustrayant une estimation d'écho du signal d'écho renvoyé. Les annuleurs d'écho peuvent fonctionner sur un circuit isolé ou sur un système multiplexé, par exemple sur une installation pour la parole à 64 kbit/s qui est connectée à une liaison multiplexée au débit primaire.

Les annuleurs d'écho sont conçus pour:

- annuler les signaux de trajet d'écho linéaires;
- empêcher l'annulation d'écho quand cela a été demandé par un signal de neutralisation dans la bande;
- revenir en mode actif après avoir été neutralisés quand le niveau de puissance du signal dans la bande chute en dessous d'un niveau spécifié pour une période de temps donnée. Cette conception permet à certains réseaux de transporter les données en bande vocale sur les mêmes voies de transmission de parole. Cela permet également à l'annuleur d'écho de se réactiver pendant un appel téléphonique après une coupure inopinée (interruption de parole).

Les annuleurs d'écho sont caractérisés par le trajet entre les accès qui peut être analogique ou numérique, et la soustraction de l'écho qui s'effectue par des dispositifs analogiques ou numériques. Le présent appendice ne s'applique qu'aux annuleurs d'écho ayant des entrées numériques et des soustracteurs numériques (annuleurs d'écho de type C comme cela est défini dans la Recommandation UIT-T G.165).

Les annuleurs d'écho présentent les avantages suivants par rapport aux supprimeurs d'écho:

- la transparence du trajet d'émission est améliorée;
- le temps de maintien réduit le nombre des dégradations;
- il n'y a pas d'affaiblissement d'insertion à la réception;
- l'annulation d'écho se poursuit pendant la parole simultanée;
- le montage en cascade est possible (pour les annuleurs d'écho particulièrement bien conçus).

Certains annuleurs d'écho disposent d'une option de neutralisation sur la tonalité à 2100 Hz spécifiée dans la Recommandation UIT-T G.164 pour les supprimeurs d'écho, et d'autres sont neutralisés par une tonalité à 2100 Hz avec des inversions de phase périodiques à $180^\circ \pm 25^\circ$, comme cela est spécifié dans les Recommandations UIT-T G.165 et G.168 pour les annuleurs d'écho. L'utilisation de la tonalité G.165 ou G.168 doit permettre une neutralisation des annuleurs d'écho indépendamment des supprimeurs d'écho.

La plupart des constructeurs de modems ont le sentiment qu'il convient de neutraliser les annuleurs d'écho sur les réseaux pour les modems équipés d'annuleurs d'échos intégrés (par exemple les Recommandations UIT-T V.32 [32] et V.34 [33]), étant donné qu'un annuleur d'écho sur un réseau actif fonctionnant en liaison avec un annuleur d'écho intégré au modem peut provoquer des phénomènes indésirables dans des conditions spécifiques mais peu probables. Ces conditions sont en principe les suivantes:

- l'annuleur d'écho interprète faussement le signal du côté local comme écho et essaie de l'annuler;
- quand il y a un déplacement de fréquence sur le trajet d'écho, l'annuleur d'écho injecte des rafales d'écho amplifié émaillé par des périodes calmes.

Bien qu'aucun de ces cas ne soit susceptible de se produire, il a été décidé qu'il devait être de la responsabilité des utilisateurs finals de neutraliser ou non l'annuleur d'écho. Les constructeurs de modems ont dû recourir à une technique unique de neutralisation des supprimeurs d'écho et des annuleurs d'écho.

Historiquement, les constructeurs de modems équipés d'annuleurs d'écho intégrés ont conçu leurs modems pour neutraliser les annuleurs d'écho localisés dans le réseau. Ces modems neutralisent les annuleurs d'écho localisés dans le réseau en utilisant la tonalité de neutralisation spécifiée dans la Recommandation UIT-T G.165. Il convient que les annuleurs d'écho localisés dans le réseau permettent le fonctionnement avec trois types d'écho en même temps:

- 1) l'écho du côté proche;

- 2) l'écho du côté distant;
- 3) tout écho généré entre le côté local et le côté distant.

Etant donné que la gamme des capacités de trajet d'écho nécessaires dans chaque cas varie fortement, trois annuleurs d'écho peuvent être nécessaires.

I.2.4 Responsabilités des constructeurs de modems et des utilisateurs finals

Il incombe aux constructeurs de modems et aux utilisateurs finals de bien comprendre les caractéristiques des annuleurs d'écho localisés dans le réseau et de décider s'ils convient de les activer ou de les neutraliser. Si les constructeurs de modems et les utilisateurs finals décident de neutraliser les annuleurs d'écho localisés dans le réseau, ils devront s'assurer que le terminal utilise des méthodes appropriées qui ont été approuvées et qui sont définies dans les Recommandations UIT-T, en vue de neutraliser les annuleurs. L'utilisateur final a par ailleurs la responsabilité de s'assurer que les terminaux et les réseaux privés sont conçus pour fonctionner en compatibilité avec les annuleurs d'écho localisés dans le réseau RTPC. Par exemple:

- on prévoit que les postes téléphoniques numériques devront réduire leurs propres échos, voir les Recommandations UIT-T G.122 [2], G.131 [3] et P.31 [13] (le réseau RTPC n'est pas responsable de l'annulation des échos acoustiques);
- il convient que les terminaux et les réseaux privés soient conçus de façon à fournir des prolongements de réseau compatibles avec les projets d'architecture RTPC, il convient par exemple que les trajets d'écho à l'extérieur du réseau RTPC soient linéaires et invariants dans le temps sinon le terminal devra diminuer son écho local;
- il convient que le retard du terminal ou celui du réseau privé soit compris dans les limites du fonctionnement de l'annuleur d'écho localisé dans le réseau, ou il convient que le terminal/le réseau privé diminue son propre écho.

I.3 Règles d'application et contraintes de fonctionnement

I.3.1 Plan de transmission pour le réseau public

Les évolutions récentes du réseau numérique RTPC nécessitent un plan des affaiblissements afin de s'assurer que des niveaux de transmission appropriés existent aux différents points de conversion A/D (voir les Recommandations UIT-T G.223 [7], V.2 [24] et M.1050 [12]). Avec un tel plan, la distorsion par surcharge de modulation des impulsions de codage (MIC) est évitée et des niveaux de signaux permettent à l'annuleur d'écho de fonctionner selon les conditions prévues initialement.

Les orientations relatives aux niveaux de transmission se trouvent dans les Recommandations UIT-T de la série G.100 relatives aux réseaux RTPC utilisant des accès analogiques et aux liaisons provenant des réseaux cellulaires numériques. Il convient que les codeurs soient compatibles avec la Recommandation UIT-T G.711 [9]. En ce qui concerne les accès numériques au réseau RTPC, des orientations pour la conception des terminaux se trouvent dans la Recommandation UIT-T P.310 [13].

I.3.2 Considérations relatives aux retards

Comme cela a été mentionné antérieurement, il convient que la conversion des signaux provenant d'installations de lignes d'abonné à deux fils en signaux d'installations de transmission interurbaines à quatre fils soit effectuée sur toutes les communications à grande distance. Sur de telles communications, le défaut d'adaptation d'impédance du circuit différentiel provoque des réflexions du signal incident sur l'interface à quatre fils (voir la Figure 2 comme modèle de référence de l'annuleur d'écho). Etant donné que la constitution des lignes d'abonné n'est pas homogène, par exemple leur longueur varie et elles peuvent être chargées ou non chargées, une adaptation d'impédance parfaite ne peut pas être obtenue. A partir des données empiriques, on admet

communément qu'une valeur de 11 dB peut être retenue comme valeur moyenne d'affaiblissement d'adaptation pour l'écho (ERL). En ce qui concerne les lignes d'abonné pour lesquelles une valeur médiocre est obtenue pour l'adaptation d'impédance, des réflexions (écho pour le locuteur) peuvent être constatées et être inacceptables quand le retard entre deux téléphones est supérieur à 16 ms (temps de propagation aller et retour de 32 ms). Voir les Recommandations UIT-T G.131 [3] et G.114 [1] pour les directives qui ont été élaborées à ce propos. Il incombe aux ingénieurs responsables de l'architecture du réseau de décider à quel point, c'est-à-dire pour quelle valeur de retard, un dispositif de réduction d'écho sera utilisé dans le réseau. Ceci est une décision économique qui implique une étude des performances et des coûts.

NOTE – Si un plan de transmission approprié n'est pas implémenté, des échos pourront se produire sur un circuit équipé d'annuleurs d'écho.

I.3.2.1 Affaiblissement d'adaptation pour l'écho

Le seuil d'activité de parole du côté proche (NEST, *near-end speech threshold*), ou le seuil de détection de parole simultanée (DTDT, *double talk detection threshold*), est le niveau auquel l'annuleur d'écho détecte la présence de parole du côté proche, c'est-à-dire l'apparition de parole simultanée et bloque son processus d'adaptation. En d'autres termes, on constate la présence de parole simultanée quand:

$$LR_{out} - LS_{in} \leq NEST/DTDT$$

Par exemple, quand la valeur du seuil NEST ou du seuil DTDT d'un annuleur d'écho est fixée à 6 dB, l'annuleur d'écho détecte l'activité de parole du côté proche et arrête son processus d'adaptation si l'écart de niveau $LR_{out} - LS_{in} \leq 6$ dB.

Il est important que la valeur du seuil NEST ou du seuil DTDT soit prise en compte de façon que la valeur de l'affaiblissement ERL soit supérieure à la valeur du seuil NEST ou du seuil DTDT. Par exemple, quand l'annuleur d'écho est pris en charge pour une valeur du seuil NEST ou du seuil DTDT égale à 6 dB, l'annuleur d'écho fonctionne de façon appropriée avec un trajet de circuit à quatre fils dont le taux d'affaiblissement ERL est supérieur à 7 dB. Cependant, si le circuit différentiel a une valeur d'affaiblissement ERL ≤ 6 dB, l'annuleur d'écho suppose que l'écho à l'accès S_{in} est un écho de parole proche. Etant donné qu'il n'y a pas d'adaptation pendant la parole simultanée, le résultat final est la présence d'écho sur le trajet S_{out} .

Quand la valeur d'affaiblissement d'adaptation pour l'écho (ERL) est inférieure à un niveau seuil pouvant être pris en compte, cette valeur d'affaiblissement (ERL) devra être augmentée par des ajustements de niveau. Il incombe aux ingénieurs chargés de l'architecture du réseau d'assurer une valeur d'affaiblissement d'adaptation pour l'écho (ERL) qui sera supérieure à l'une des valeurs NEST ou DTDT pour laquelle le circuit est planifié.

I.3.3 Prise en compte des possibilités de trajet d'écho et des caractéristiques de ce trajet

La liaison entre l'annuleur et le circuit différentiel est souvent appelée "trajet d'écho du circuit". Le retard de l'écho qui doit être annulé est déterminé en spécifiant quelles seront les "possibilités du trajet d'écho" de l'annuleur. Afin de définir correctement les possibilités de ce trajet d'écho, il convient de se rappeler qu'une partie de la puissance reçue à l'accès R_{out} est réfléchi par le circuit différentiel et les multiples réflexions qui constituent l'écho à l'accès S_{in} . Il convient que le temps pour le déplacement du signal au point R_{out} entre l'annuleur d'écho et le circuit différentiel, de même que le temps pour le retour vers l'annuleur d'écho à l'accès S_{in} ne dépassent pas les possibilités prévues pour le trajet d'écho; par ailleurs, le processus d'annulation d'écho ne fonctionnera pas de façon appropriée. Il convient que ce temps comprenne le temps de propagation aller et retour par l'intermédiaire des supports de transmission, tous les équipements intermédiaires, de même que la dispersion due aux caractéristiques de transmission du circuit. Cette dispersion augmente la durée réelle de la réponse impulsionnelle du circuit généralement prise en compte par l'annuleur d'écho. Il

convient de noter que le trajet d'écho peut cependant inclure plus d'une source d'écho, par exemple des circuits différentiels supplémentaires, des changements de calibre de câbles ou d'autres sources d'écho. Il existe de nombreuses configurations de réseau comportant des conversions multiples deux fils-quatre fils sur le trajet d'écho d'un annuleur d'écho. Un exemple en est donné dans l'Appendice III.

Il incombe aux ingénieurs chargés de l'architecture des réseaux de s'assurer que les annuleurs d'écho seront implémentés de façon telle que leur capacité de trajet d'écho ne soit pas dépassée sur des liaisons normales de réseau, de sorte que l'annulation d'écho puisse se produire. Il est nécessaire qu'il y ait une étroite collaboration entre les exploitants de centraux du réseau interurbain et ceux du réseau urbain.

Il convient qu'un annuleur d'écho puisse synthétiser une reproduction de réponse impulsionnelle du trajet d'écho. De nombreux annuleurs d'écho simulent par modèle le trajet d'écho en utilisant une représentation des données échantillonnées, l'échantillonnage étant effectué à la fréquence Nyquist (8000 Hz). Pour fonctionner correctement, il convient que de tels annuleurs d'écho aient une capacité de mémoire suffisante pour le nombre d'échantillons qui est nécessaire (le temps de propagation maximal sur le trajet d'écho du réseau sur lequel l'annuleur sera utilisé déterminera la capacité mémoire nécessaire). Généralement, un nombre limité d'emplacements de mémoire empêche une synthèse de l'ensemble du trajet d'écho. Un nombre restreint d'emplacements a tendance à provoquer des bruits supplémentaires indésirables en raison des emplacements non utilisés, qui ne valent généralement pas zéro en raison du bruit d'estimation. Il convient d'admettre qu'un annuleur d'écho occasionne un trajet d'écho parallèle supplémentaire. Si la réponse impulsionnelle du modèle de trajet d'écho diffère suffisamment de la réponse impulsionnelle de ce trajet d'écho, l'écho total renvoyé peut être supérieur à celui provenant uniquement du trajet d'écho.

I.3.4 Plan de transmission sur le réseau privé incluant l'utilisateur final et le constructeur

Pour des raisons de commodité, les termes "utilisateur final", "constructeur" ou "ingénieur pour l'architecture du réseau privé" seront utilisés comme synonymes pour "ingénieur pour l'architecture du réseau privé".

I.3.4.1 Niveaux de transmission

L'ingénieur responsable de l'architecture du réseau privé devra avoir pour objectif d'implémenter des équipements qui sont compatibles avec le plan des affaiblissements de transmission sur le réseau. Les grandes orientations seront disponibles sous forme de Recommandations UIT-T (voir I.3.1). Par ailleurs, l'ingénieur responsable de l'architecture du réseau privé devra satisfaire les critères donnés.

I.3.4.2 Considérations relatives au temps de propagation

L'ingénieur responsable de l'architecture du réseau privé, comme l'ingénieur responsable de l'architecture du réseau public, devra prendre une décision délibérée en ce qui concerne le mode de réduction de l'écho pour la personne qui parle, de même qu'en ce qui concerne le seuil de détection du temps de propagation auquel un dispositif de réduction d'écho sera implémenté sur le réseau privé. Il convient de noter que si le réseau privé est connecté au réseau RTPC sur la base d'un système à quatre fils, l'écho produit par la conversion quatre fils-deux fils peut être annulé par l'annuleur d'écho localisé dans le réseau. Cependant, si le réseau privé est connecté au réseau RTPC par un système à deux fils, puis est converti à un système à quatre fils pour le transport, il convient que l'ingénieur responsable de l'architecture du réseau privé tienne compte de la façon de gérer les échos produits aux points de conversion quatre fils-deux fils sur le réseau privé.

I.3.4.3 Affaiblissement d'adaptation pour l'écho

Il incombe à l'ingénieur responsable de l'architecture du réseau privé de s'assurer que l'affaiblissement ERL est supérieur à l'une des valeurs de seuil NEST ou DTDT pour laquelle le circuit est pris en compte.

I.3.4.4 Prise en compte des possibilités du trajet d'écho et des caractéristiques de ce trajet

L'ingénieur responsable de l'architecture du réseau privé a pour mission de s'assurer que tout retard ajouté dans le réseau privé ne dépassera pas le délai spécifié par le prestataire de service du réseau RTPC, provoquant ainsi des échos sur le réseau RTPC. En conséquence, il convient que l'ingénieur responsable de l'architecture du réseau s'assure que la quantité de retard ajoutée ne dépasse pas le délai autorisé qui est spécifié par les prestataires de service du réseau RTPC pour les connexions sur ce réseau. Pour le cas où cette spécification serait dépassée, il convient que l'ingénieur responsable du réseau privé prenne des mesures appropriées pour réduire l'écho.

I.4 Effet des annuleurs sur les services vocaux et les services de données

Les annuleurs d'écho localisés dans le réseau sont présents sur des liaisons qui connaissent de longs retards. Il est recommandé qu'ils soient conçus pour permettre à une voie de transmission de parole de transporter les données en bande vocale, y compris les données de télécopie. Il est donc recommandé qu'ils gardent la possibilité d'être neutralisés lorsqu'une demande provient des équipements terminaux du client. Le constructeur de modems a cependant la responsabilité de décider si les annuleurs d'écho localisés dans le réseau devaient être actifs ou neutralisés.

I.4.1 Interaction avec les données en bande vocale

La transmission des données peut s'effectuer en duplex intégral dans la bande vocale, selon l'algorithme de modulation du modem. De nouveaux algorithmes de modulation sont actuellement élaborés, et les constructeurs doivent déterminer dans quel état optimal devra se trouver l'annuleur d'écho lorsque le modem est en fonctionnement, par exemple s'il doit être à l'état actif ou neutralisé, ou si la communication doit être acheminée sur une liaison ne disposant jamais des fonctions de l'annuleur d'écho.

I.4.2 Interaction entre la réduction d'écho et la transmission de télécopie

Ceux qui conçoivent les terminaux de télécopie ont produit des terminaux en tenant compte du fait que les prestataires de service installaient des dispositifs de réduction d'écho localisés dans le réseau conformément aux Recommandations UIT-T G.164 et G.165. Ainsi, les responsables de l'architecture du réseau RTPC devaient continuer à développer le réseau de façon à ne pas empêcher sciemment qu'un service facultatif de transmission par télécopie ou de transmission de données en bande vocale puisse être assuré en continu.

Bien que les équipements de télécopie puissent transmettre une tonalité de neutralisation selon G.164 au début d'une communication, aucune spécification ne garantit que la puissance des signaux transmis dans la bande continuera à maintenir les dispositifs de réduction d'écho à l'état neutralisé pendant la durée de communication. Les dispositifs de réduction d'écho conformes à l'une des Recommandations UIT-T G.164 (suppresseurs d'écho numériques), G.165 (annuleurs d'écho) et G.168 (annuleurs d'écho de réseau numérique) sont conçus pour se réactiver quand le niveau de signal chute en dessous d'un seuil qui est prédéfini pendant un temps prédéfini, une fois que la communication est cours. Cela s'explique par le fait que les dispositifs de réduction d'écho conformes aux Recommandations UIT-T G.164 et G.165 sont conçus pour être réactivés si aucune énergie du signal n'est présente dans les deux sens de transmission du signal pendant une période dont la durée est supérieure à 100 ms (durée minimale) ou à 400 ms (durée maximale) (voir 5.2 et 5.5/G.164).

L'algorithme de modulation V.27 *ter* utilisé dans la Recommandation UIT-T T.30 est protégé contre la mutilation de la séquence d'apprentissage par des suppressions d'écho (compte tenu de l'utilisation d'une porteuse non modulée précédant le signal d'apprentissage). Par contre, l'algorithme de modulation V.29 n'est pas protégé contre cette mutilation. Certaines implémentations reposent sur des solutions propriétaires (notamment surtout l'ajout d'une porteuse non modulée antérieurement aux transmissions V.29, du même format que celui utilisé pendant les transmissions V.27 *ter*). Ces

algorithmes ne peuvent malheureusement pas être interprétés universellement par des terminaux conçus par différents constructeurs de modems. De ce fait, si le temps de garde dans la transmission V.21 ou V.29 effectuée à partir du télécopieur, dépasse la limite de temps de 75 ± 20 ms conformément à la Recommandation T.30, il est possible qu'un supprimeur d'écho soit réactivé. Dans un tel cas, le segment initial de la séquence de contrôle d'apprentissage pourrait être mutilé, empêchant ainsi l'établissement de la communication.

La présence de l'écho peut interférer avec la transmission de télécopie de deux façons:

- l'écho peut être interprété de façon erronée comme message de protocole T.30, puis interrompre la procédure de prise de contact entre les deux terminaux. Ceci est un aspect particulièrement important si les télécopieurs ne sont pas protégés contre l'écho;
- l'écho peut réduire le rapport signal/bruit nécessaire à la bonne qualité de transmission des données d'image.

L'écho pourrait être produit pour les raisons suivantes:

- les supprimeurs d'écho sont neutralisés (afin d'éviter les erreurs dans la transmission en bande vocale). Comme cela est expliqué ci-dessus, les supprimeurs d'écho activés peuvent provoquer des erreurs dans la transmission des données en bande vocale. Cependant, il peut être préférable de les maintenir activés pendant la transmission de la télécopie;
- si les annuleurs d'écho sont neutralisés selon les procédures de la Recommandation UIT-T G.164 (tonalité à 2100 Hz), alors, selon le temps de propagation et le temps de réaction des télécopieurs, l'écho pourrait être produit pendant la procédure initiale de prise de contact. Cela pourrait interrompre l'établissement de l'appel. Cela limite également à 400 ms le temps pendant lequel aucune énergie ne pourrait être libérée dans l'un ou l'autre sens en vue de réactiver le dispositif de réduction d'écho. Si les annuleurs d'écho restent neutralisés, l'écho qui émane du signal V.21 peut perturber le télécopieur à l'autre extrémité et perturber le démodulateur de télécopie des équipements de multiplication de circuits par paquets sur le réseau (PCME, *packetized circuit multiplication equipment*) ou les équipements de multiplication de circuit numérique (DCME, *digital circuit multiplication equipment*). La qualité de l'image peut également s'en trouver altérée;
- les annuleurs d'écho qui répondent à la tonalité de neutralisation G.165/G.168 ne sont pas neutralisés par la tonalité à 2100 Hz sans inversion de phase.

D'autres instances susceptibles de connaître des difficultés pendant la communication sont par exemple l'échange de protocoles de prises de contact entre les pages. La neutralisation des annuleurs d'écho pourrait rendre possible l'écho au niveau de ces instances. Par contre, des annuleurs d'écho activés réduisent l'écho, y compris celui de l'auditeur.

Dans certaines conditions, des annuleurs d'écho qui ont été neutralisés en utilisant les procédures G.164 (2100 Hz) peuvent perturber l'établissement de la communication ou la qualité de la transmission par télécopie, étant donné qu'ils peuvent être neutralisés par inadvertance par la tonalité d'identification du poste demandé (CED, *called station identification*); de ce fait, la réduction d'écho ne fonctionne pas comme cela avait été prévu.

Il convient de noter qu'un certain nombre d'annuleurs d'écho déjà mis en place sur le réseau RTPC ne peuvent pas éliminer complètement les rafales d'écho de courte durée qui pourraient se produire alors que l'annuleur converge de nouveau après des transitions entre les signaux à bande étroite tels que la tonalité d'identification du poste demandé (CED) ou le protocole de prise de contact pour commande de liaison de données à haut niveau (HDLC, *high-level data link control*) V.21, les signaux d'image à large bande (par exemple les signaux V.29 ou V.27 *ter*), et de nouveau, les signaux en bande étroite. Il ne sera pas possible de garantir que tous les annuleurs d'écho seront à même d'éviter ce problème dans le futur.

NOTE – Le cas dans lequel un annuleur d'écho se trouve sur un côté de la liaison et un supprimeur d'écho se trouve sur l'autre côté n'est pas précisé explicitement dans le présent appendice; ce "cas mixte" peut être obtenu par déduction à partir des I.2.2 et I.2.3.

Les Recommandations UIT-T en vigueur impliquent que les annuleurs d'écho doivent être activés pendant la transmission de télécopie. En général, les supprimeurs d'écho n'obtiennent pas un même niveau de caractéristiques de fonctionnement pour la parole, les données en bande vocale ou la télécopie. Les supprimeurs d'écho activés pourraient provoquer des défaillances en raison de l'écrtage et de la mutilation de la séquence de vérification d'apprentissage, en empêchant par là même l'établissement de la communication de télécopie. Cependant, il est peut-être plus adapté d'activer les supprimeurs d'écho pendant la transmission de télécopie pour une protection contre l'écho à la fois pour le locuteur et l'auditeur, et d'éviter ainsi qu'ils interfèrent avec la télécopie lors de l'établissement de la communication et pendant la transmission de l'image.

En conclusion, il est plus approprié d'utiliser les annuleurs d'écho qui ont été neutralisés selon les procédures des Recommandations UIT-T G.165/G.168.

I.5 Parole à haut niveau de signaux

I.5.1 Introduction

Un certain nombre de sources pourrait produire des niveaux de parole élevés dans le réseau. Par exemple, dans les téléphones mains libres, le microphone peut permettre la génération de parole à haut niveau de signaux. Compte tenu de cette perspective, la Recommandation UIT-T G.165 a été modifiée, en 1992, pour inclure un essai de surcharge (essai n° 8) à des niveaux dépassant 0 dBm0 et pour augmenter les niveaux d'essai maximaux de -10 dBm0 à 0 dBm0.

La présence de parole à haut niveau de signaux peut provoquer des non-linéarités accrues qui dégraderaient le fonctionnement de certains annuleurs d'écho, en particulier les annuleurs d'écho qui n'ont pas été implémentés par des dispositifs entièrement numériques. Un autre domaine dans lequel les niveaux élevés de signaux peuvent être à l'origine de difficultés est la détection de la parole simultanée et les circuits de commande à processeur non linéaire. Ces techniques sont précisées dans les deux sous-paragraphes qui suivent.

I.5.2 Détection de la parole simultanée et détection d'activité

Les caractéristiques de fonctionnement des annuleurs d'écho dépendent beaucoup des algorithmes de détection d'activité et de détection de parole simultanée utilisés. Par exemple, si la parole simultanée n'est pas identifiée rapidement, la parole proche masque l'écho résiduel qui est utilisé pour actualiser le modèle de réponse impulsionnelle de l'annuleur d'écho.

Les points suivants font l'objet d'un complément d'étude:

- effet des algorithmes de détection d'activité sur les codeurs à faible débit;
- effet de la détection de la parole simultanée en présence de niveaux élevés de signaux.

Il peut en résulter des nouvelles spécifications en vue d'une meilleure conception des annuleurs d'écho.

I.5.3 Effet des codeurs à faible débit

Ceci fait l'objet d'un complément d'étude.

I.5.4 Effet d'un trajet d'écho non linéaire

Dans la théorie des annuleurs d'écho, on suppose que le trajet d'écho est linéaire et qu'il est invariant dans le temps. De ce fait, il est important que l'écrtage et la distorsion non linéaire ne se produisent pas sur le trajet d'écho entre R_{out} et S_{in} . Si des écrtages se produisent, il est important que ces écrtages soient légers, peu fréquents et qu'ils se produisent uniquement dans les conditions de la

parole simultanée. D'autre part, il est nécessaire que l'environnement soit corrigé, par exemple le décalage de fréquences doit être éliminé et l'implémentation d'un plan de transmission acceptable doit être assurée.

Une source potentielle de difficultés avec des niveaux de parole élevés provient des non-linéarités qui se produisent sur le trajet d'écho. En ce qui concerne les caractéristiques de fonctionnement optimales des annuleurs d'écho, il est important que le signal injecté au niveau de l'accès R_{in} de l'annuleur d'écho ait un rapport linéaire avec le signal au niveau de l'accès S_{in} de l'annuleur d'écho. Si une distorsion non linéaire intervient avec des signaux de parole de niveau élevé, il convient que la distorsion intervienne avant qu'elle ne soit utilisée par l'annuleur d'écho, de sorte que le même signal mutilé soit envoyé vers l'accès R_{out} . Cependant, les caractéristiques de l'annuleur d'écho peuvent se dégrader encore davantage si le trajet d'écho n'est pas linéaire.

Certains annuleurs d'écho utilisent le signal à l'accès R_{in} de même que son signal R_{rcv} reçu par des dispositifs internes et transmettent également R_{in} vers l'accès R_{out} . Ceci est acceptable dans la mesure où il n'y a pas d'écrêtage ou d'autre distorsion non linéaire d'une portion du signal n'intervenant simultanément à l'autre. Par ailleurs, le trajet d'écho ne semble pas être linéaire par rapport à l'annuleur d'écho et, par conséquent, son fonctionnement en est altéré.

Il est recommandé en outre que l'écrêtage ou toute autre distorsion non linéaire ne soit "ajouté" au signal à l'accès S_{in} . Ceci est très important quand:

- 1) l'écho est présent uniquement à l'accès S_{in} ;
- 2) à la fois l'écho et la parole proche sont présents et le détecteur de parole simultanée n'a pas été déclenché, étant donné que la mutilation (la distorsion) de l'un affecte l'autre.

1.5.5 Directives pour l'utilisation de R_{out} dans les annuleurs d'écho

La configuration selon laquelle le même signal alimente à la fois l'accès R_{in} et le trajet d'écho peut conduire à une dégradation des performances si R_{out} n'est numériquement pas équivalent (bit pour bit) à R_{in} dans toutes les conditions du signal. Le signal R_{rcv} peut être utilisé de façon interne par l'annuleur d'écho comme signal source pour le trajet d'écho, après avoir traversé l'accès R_{in} . Il est donc recommandé que R_{out} (qui est utilisé pour contrôler le trajet d'écho) soit équivalent numériquement au signal R_{rcv} .

1.6 Aspects relatifs aux évolutions de réseau et de service

1.6.1 Transparence des bits dans les annuleurs d'écho

Il convient qu'une tonalité d'appel à 2100 Hz comportant des inversions de phase provoque la neutralisation de l'annuleur d'écho et fournir un trajet de signal de libération de ligne analogique voir la Recommandation UIT-T G.165. En d'autres termes, il convient qu'une tonalité comprise entre 300 Hz et 3400 Hz traverse l'annuleur d'écho sans aucun changement quant à son niveau de puissance et sa fréquence, mais la transparence des bits à 64 kbit/s n'est pas garantie (voir 3.3/G.165, révision en 1992). Il convient de noter que la transparence peut être obtenue à 64 kbit/s et qu'elle peut être implémentée dans certains annuleurs d'écho, mais il est recommandé que le niveau de puissance dans la bande soit maintenu au-dessus d'un niveau de puissance prédéfini pour rester dans cet état.

Si les annuleurs d'écho doivent être appliqués à des circuits de jonction et s'ils sont neutralisés par l'utilisation d'un "commutateur vers la voie de signalisation de l'annuleur d'écho", il convient que l'annuleur utilise les possibilités de libération de ligne à 64 kbit/s si de telles possibilités sont fournies.

I.6.2 Non-linéarités et effet de variation dans le temps sur le trajet d'écho

Deux questions sont relatives à l'introduction de techniques de traitement non-linéaire et variant dans le temps du signal sur le réseau RTPC: 1) l'apparition de la compression vocale sur le trajet d'écho; 2) l'apparition des affaiblissements d'insertion numérique.

- Compte tenu de l'utilisation croissante de la compression vocale sur les réseaux public et privé, plus particulièrement de la modulation de codage d'impulsion différentielle adaptative à 32 kbit/s (MICDA, voir la Recommandation UIT-T G.726), l'apparition d'un codec de compression vocale sur le trajet d'écho devient plus probable. Les mesures effectuées sur les annuleurs d'écho, y compris un circuit MICDA sur le trajet d'écho, ont montré que la dégradation du niveau d'écho résiduel pouvait dépasser 8 dB, voire davantage.
- Avec l'usage de plus en plus fréquent des techniques numériques dans le traitement des signaux en bande vocale, les affaiblissements d'insertion numérique sont utilisés de plus en plus souvent sur les lignes d'affaiblissement numériques. Un tel remplissage numérique se produit généralement dans les centraux d'extrémité du réseau RTPC quand ils sont utilisés comme ordinateur serveur connecté à un module en ligne numérique distant, de même que dans les équipements des locaux client (CPE, *customer premises equipment*), tels que les autocommutateurs privés (PBX, *private branch exchange*). Des lignes d'affaiblissement numériques mal conçues peuvent ajouter des non-linéarités importantes au signal transmis, y compris le signal de retour d'écho, en dégradant par conséquent le fonctionnement de l'annuleur. Il est recommandé d'admettre la nécessité de maintenir une linéarité dans les signaux affaiblis numériquement.

L'utilisation d'autres techniques de compression vocale relatives à la non-linéarité affectant les caractéristiques de fonctionnement des annuleurs fait l'objet d'un complément d'étude.

I.6.3 Compression vocale des annuleurs montés en cascade

L'utilisation de la compression vocale qui fait partie du trajet de transmission vocale pourrait également affecter les communications utilisant une configuration des annuleurs en cascade. La Figure I.1 indique un circuit sur lequel les annuleurs sont montés en cascade, la technique de la compression vocale étant utilisée uniquement entre les deux annuleurs. Bien que l'annuleur le plus proche du circuit différentiel ne soit pas affecté, un trajet écho non linéaire ou variable dans le temps serait perçu par l'annuleur placé du côté du réseau comme cela est décrit dans I.5.4 et I.6.2. Les caractéristiques de fonctionnement du montage en cascade peuvent cependant être acceptables si l'annuleur qui est le plus proche du réseau reste stable et conserve une augmentation d'affaiblissement d'adaptation pour l'écho. Théoriquement, l'annuleur se trouvant du côté du réseau ne perçoit pas un écho parce que l'annuleur du côté distant a éliminé cet écho. Il est cependant recommandé que les annuleurs se trouvant du côté réseau soient effectivement retirés de la connexion.

Les conditions dans lesquelles aucune dégradation de fonctionnement ne se produit appellent un complément d'étude.

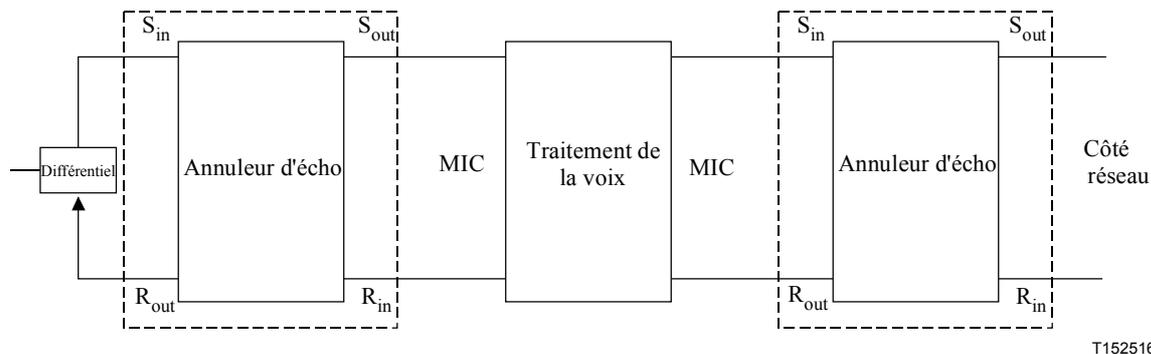


Figure I.1/G.168 – Compression vocale entre les annuleurs d'écho montés en cascade

I.6.4 Montage en cascade des annuleurs d'écho

On admet généralement que les annuleurs d'écho conçus de façon appropriée peuvent être montés en cascade, et ce avec une pénalité de fonctionnement négligeable ou nulle. Dans la Recommandation UIT-T G.131 [3], la Règle B indique que les annuleurs d'écho selon G.165 peuvent être connectés en cascade sans dégradation des caractéristiques d'écho (voir 2.3.2.1.1/G.131). Compte tenu d'une utilisation croissante du routage dynamique et des options particulières telles que le routage d'appel, et en raison des longs retards qui se produisent dans les codeurs de parole à faible débit pour les applications mobiles, il est très vraisemblable que certaines connexions sont équipées d'un nombre d'annuleurs d'écho au moins égal à un.

Des essais subjectifs effectués sur certains annuleurs d'écho ont pour objet de vérifier que le montage en cascade ne crée pas de difficultés dans la plupart des cas. Cependant, les comptes rendus d'essai indiquent que le montage en cascade d'autres annuleurs d'écho n'est pas exempt de difficultés. Dans de tels cas, il est impératif que le réseau RTPC et des ingénieurs responsables de l'architecture des réseaux privés s'assurent que les annuleurs d'écho qui provoquent de notables dégradations lors du montage en cascade ne puissent pas être montés en cascade.

Les résultats des essais ont indiqué que la conception inadaptée de certains circuits auxiliaires, tels que les processeurs non linéaires, pouvait entraîner des difficultés quand le retard de trajet d'écho pour l'un des annuleurs d'écho montés en cascade dépassait ses possibilités de trajet d'écho. Par exemple, dans certains annuleurs d'écho, le processeur non linéaire peut fonctionner de façon intempestive pour la parole simultanée. Ceci survient quand le temps de maintien dans le circuit du processeur non linéaire ne correspond pas aux caractéristiques de retard sur le trajet d'écho.

A des fins d'illustration, on suppose que l'algorithme de traitement non linéaire est conçu pour le fonctionnement sur la base de la valeur NEST ou DTD. Dans le cas où les possibilités du trajet d'écho d'un annuleur sont dépassées, l'écho arrive plus tard que le moment "prévu". Par conséquent, la comparaison s'applique entre les niveaux de puissance d'une rafale de parole distante et ceux d'une rafale de parole locale qui n'ont aucun rapport entre eux. La mutilation peut intervenir dans de telles conditions. Cependant, pour des raisons comme celles-ci, il est important que le réseau RTPC et les ingénieurs responsables de l'architecture des réseaux privés s'assurent que les possibilités du trajet d'écho des annuleurs ne sont jamais dépassées, à moins que des mesures de réduction de l'écho additionnel aient été prises à l'intérieur du réseau privé.

Cette difficulté est atténuée étant donné qu'elle se produit pendant la parole simultanée, et la plupart des essais nécessitant le montage en cascade des annuleurs d'écho excluent les nombreux cas dans lesquels les possibilités de trajet d'écho sont largement dépassées. En dernier lieu, étant donné que certaines adaptations ont été faites par rapport aux constantes de temps du processeur non linéaire (NLP), des améliorations partielles peuvent être apportées.

On a observé qu'en cas d'une convergence trop rapide, un annuleur d'écho pouvait avoir des effets fâcheux s'il est utilisé dans une situation où ses possibilités de trajet d'écho sont dépassées (comme cela se produit parfois lors du fonctionnement des annuleurs d'écho montés en cascade). Il est recommandé de ce fait que les possibilités de trajet d'écho d'un annuleur d'écho aient une durée de 4 à 6 ms supérieure au retard maximal prévu sur le réseau, selon les estimations figurant dans le Tableau 1/G.114 [1]. Ceci tient compte de l'effet de dispersion. Par exemple, un annuleur de 48 ms pourrait être choisi pour tenir compte d'un retard pur maximal de 44 ms.

La Figure I.2a montre trois couples d'annuleurs d'écho dos à dos (EC_A , EC_B , EC_C), quatre générateurs de retard (D_1 , D_2 , D_3 et D_4) et deux circuits différentiels (désignés par l'affaiblissement d'adaptation R_1 et R_2). Il convient que les valeurs R_1 et R_2 correspondent à un fonctionnement approprié de l'annuleur le plus proche (au moins 6 dB par exemple). En neutralisant sélectivement les annuleurs d'écho (que ce soit individuellement ou par couples), et en faisant varier les retards, il est possible de saisir les attributs pertinents des liaisons téléphoniques équipées d'annuleurs d'écho.

A titre d'exemple (voir la Figure I.2b), un retard de 50 ms en D_1 et D_3 , de 100 ms en D_2 , de 150 ms en D_4 et une terminaison à quatre fils au lieu de R_2 constituent une représentation exacte d'un appel international émanant d'un poste analogique et se terminant dans un réseau mobile numérique. Dans un tel cas, EC_A et EC_B pourraient se trouver aux deux extrémités d'une ligne internationale, alors que EC_C se trouve dans le réseau mobile (auquel cas un des annuleurs du couple face à droite peut être inefficace ou absent). Sinon (voir la Figure I.2c), EC_A pourrait se trouver dans un réseau (terrestre) national alors que EC_B et EC_C se trouvent aux extrémités d'une installation internationale. Dans un tel cas, les générateurs D_1 , D_2 et D_4 se trouveraient à des distances relativement courtes et D_3 fournirait un retard compatible avec une connexion internationale.

La configuration d'échantillonnage dans la Figure I.2 peut être facilement étendue si davantage de couples d'annuleurs d'écho sont nécessaires. En particulier, l'inclusion d'un quatrième couple d'annuleurs d'écho (et d'un autre générateur de retard) permettrait d'obtenir les caractéristiques principales d'une connexion internationale avec des annuleurs d'écho dans chaque réseau national, de même qu'aux extrémités du réseau international.

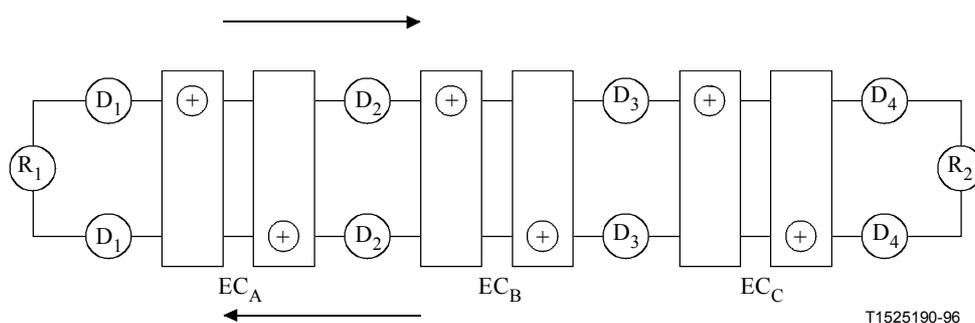


Figure I.2a/G.168 – Liaison de référence pour des annuleurs d'écho en cascade

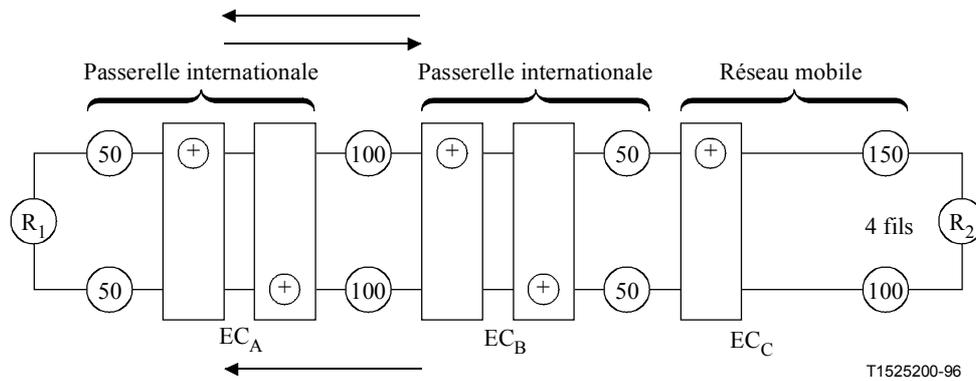


Figure I.2b/G.168 – Exemple de connexion internationale dont l'origine est analogique et l'extrémité est un réseau numérique cellulaire

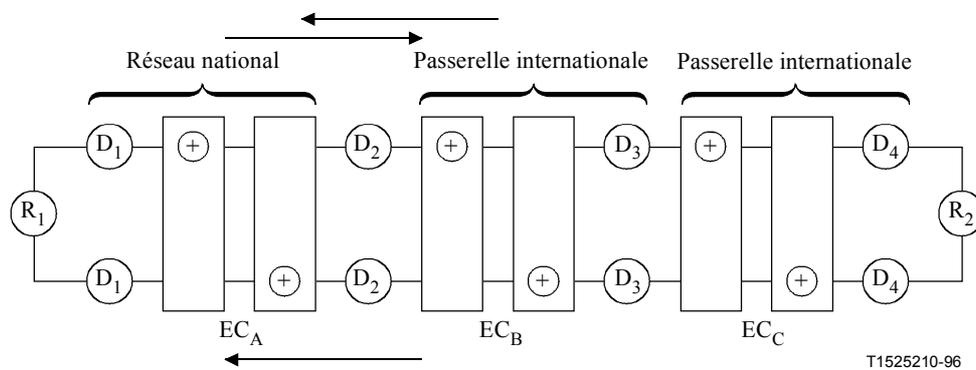


Figure I.2c/G.168 – Exemple de connexion internationale

I.6.5 Vitesse de convergence

Une vitesse élevée de convergence est souhaitable pour réduire l'écho pendant l'acquisition initiale et pour réduire l'écho au minimum quand le trajet d'écho change. Certains annuleurs d'écho produisent du bruit en essayant d'adapter de façon continue le trajet d'écho. Ceci peut être apparenté à la vitesse d'adaptation. Cet effet est particulièrement visible et fâcheux, en particulier dans les conditions de la parole simultanée, quand le processus d'adaptation est interrompu. Pour certaines implémentations d'annuleur, alors que la vitesse d'adaptation augmente au-delà des limites de vitesse optimale, la précision de la fonction de transfert après l'adaptation devient médiocre. Une vitesse élevée de convergence est souhaitable pour l'acquisition initiale, alors qu'une vitesse faible de convergence peut être nécessaire à la synchronisation ultérieure, étant donné que la fonction de transfert d'écho change très lentement. Le besoin d'une vitesse de convergence élevée quand les composantes variables dans le temps se trouvent sur le trajet d'écho fait l'objet d'un complément d'étude.

I.6.6 Réduction d'écho acoustique et conditions d'environnement

La question de la réduction de l'écho acoustique revêt une importance accrue en raison des postes téléphoniques mains libres. Bien que les aspects liés à l'annulation de l'écho acoustique et ceux liés à l'annulation de l'écho dans les réseaux aient des points communs, ils ont également des différences notables. Des questions telles que les points de niveau, l'affaiblissement du trajet d'écho naturel (ou gain), le degré d'affaiblissement de commutation de même que le niveau et le type de protection avec amorçage de sifflement (hurlement) sont toutes très importantes en vue d'étudier les annuleurs d'écho acoustique. En outre, il est important qu'un annuleur d'écho acoustique puisse être à même de fonctionner en harmonie avec un annuleur d'écho électrique.

Les téléphones analogiques mains libres rendant possible la parole simultanée peuvent générer un signal d'écho acoustique. Ce signal d'écho est ajouté au signal d'écho électrique provenant de la connexion deux fils-quatre fils du circuit différentiel et ne peut pas être diminué suffisamment s'il n'est pas en corrélation. Des téléphones mains libres analogiques comprenant des dispositifs de compression dynamique peuvent amplifier le bruit de salle ambiant pendant les pauses de parole et le transférer vers l'entrée de l'annuleur d'écho sur le trajet d'émission. En raison des commutations dépendant des niveaux du signal dans les postes téléphoniques mains libres, le niveau du signal de la parole simultanée peut être diminué à l'entrée de l'annuleur d'écho sur le trajet d'émission. Cela peut conduire à un écrêtage accru par le processeur non linéaire, puisque le niveau de ce signal de parole simultanée peut chuter en dessous du niveau de seuil.

I.6.6.1 Entrée de SG12

Le Groupe d'étude 12 a publié plusieurs Recommandations UIT-T sur les téléphones mains-libres:

Les Recommandations UIT-T P.30, Caractéristiques de transmission applicables aux terminaux audio pour groupe de personnes (TAGP), P.340, Caractéristiques de transmission des postes téléphoniques numériques mains-libres, P.341, Caractéristiques de transmission des postes téléphoniques numériques mains-libres à bande élargie (150-7000 Hz), P.342, Caractéristiques de transmission des terminaux téléphoniques numériques mains-libres à haut-parleur fonctionnant en bande téléphonique (300-3400 Hz).

Chaque Recommandation UIT-T a été développée avec la condition que le terminal est chargé de réduire son propre écho acoustique.

Ces Recommandations UIT-T présentent les limites des différents paramètres tels que les caractéristiques de commutation, l'équivalent de couplage du terminal. Ces textes sont reproduits en I.6.6.2.

Toutefois, plusieurs terminaux disponibles sur le marché ne respectent pas ces limites et certains terminaux peuvent présenter des résultats largement différents. A mesure que la technologie des terminaux mûrit, on peut s'attendre à une augmentation du nombre de terminaux satisfaisant les Recommandations UIT-T.

On se reportera également à la Contribution COM 15-174 de septembre 1995: Signaux d'essai et autres influences sur le comportement de convergence des annuleurs d'écho (GER).

Si l'on considère la possibilité offerte par l'annuleur d'écho de réseau de réduire l'écho acoustique dû aux équipements terminaux, il convient que la fenêtre de traitement soit au moins de 500 ms pour tenir compte de la réponse impulsionnelle typique ambiante.

I.6.6.2 Extraits de Recommandations UIT-T relatives à la réduction d'écho acoustique

De la Recommandation UIT-T P.30

3.2 Caractéristiques d'écho

3.2.1 Réduction d'écho acoustique

Pour obtenir une suppression satisfaisante des échos acoustiques, il est nécessaire de doter le processeur audio d'un annuleur d'écho ou d'un supprimeur d'écho. La technologie d'annulation de l'écho est recommandée si l'on cherche à obtenir la meilleure qualité possible de la parole. Il est toutefois recommandé de compléter systématiquement l'annulation d'écho avec une suppression d'écho modérée pour empêcher la transmission indésirable des bruits de fond ambiants lorsque personne ne parle dans la pièce. Il convient notamment de satisfaire cette condition pour la multiconférence.

3.2.2 Affaiblissement d'adaptation pour l'écho

L'affaiblissement d'adaptation pour l'écho du système audio doit être mesurée au point de référence X de la Figure 2/P.30, avec le contrôle de volume en position maximale. Lorsque le signal électrique d'essai, tel qu'il est spécifié au paragraphe 1, est appliqué à l'accès entrée (réception), le niveau mesuré à l'accès sortie (émission) ne devra pas être supérieur à -62 dBV.

Un affaiblissement d'adaptation pour l'écho de 40 dB inclut une marge de 5 dB de façon à fournir un affaiblissement d'adaptation pour l'écho de 35 dB lorsque plusieurs terminaux audio pour groupe de personnes (TAGP) sont utilisés en conférence. Il convient d'interpréter cette valeur de 35 dB comme une valeur minimale. La valeur cible à long terme pour l'affaiblissement d'adaptation pour l'écho doit être considérée comme étant de 45 dB (en particulier pour prendre en compte le cas où le combiné est connecté à un terminal mains-libres). On sait que cette valeur empêche toute dégradation subjective due à un écho acoustique retardé [1] et [2]. Le niveau mesuré au point de référence X sera donc de -72 dBV.

De la Recommandation UIT-T P. 341

6.1 Equivalent pondéré de couplage de terminal (TCLw, *weighted terminal coupling loss*)

L'équivalent pondéré de couplage de terminal TCLw mesuré entre l'entrée numérique et la sortie numérique devra être au moins de 35 dB lorsqu'il est corrigé par les valeurs nominales de SLR et RLR, tel que spécifié respectivement aux 4.1 et 5.1. S'il existe un contrôle de volume, la spécification s'applique à un réglage qui soit le plus proche possible de la valeur nominale de RLR spécifiée au 5.1.

De la Recommandation UIT-T P.342

6.1 Equivalent de couplage de terminal

6.1.1 Fonction mains-libres

L'équivalent pondéré de couplage de terminal (TCLw), dans une opération en monologue devra être supérieur à 40 dB avec SLR + RLR normalisé à OLR = +15 dB.

NOTE – Cette normalisation est relative au réglage nominal du contrôle de volume de réception.

Il est supposé que cette spécification est satisfaite si TCL et TCLw satisfont respectivement aux valeurs du Tableau I.6.6.2-1/G.168 identique au Tableau 5/P.342 avec le contrôle de volume de réception réglé au niveau maximal.

Tableau I.6.6.2-1/G.168

TCL (bande troisième octave)	TCLw
> 25 dB	> 35 dB
NOTE – Ces valeurs supposent qu'il n'existe aucune autre réduction d'écho sur la connexion.	

Si des informations sont disponibles dans le terminal sur le temps de transmission dans un seul sens de la connexion et si le terminal fonctionne en parole simultanée, alors les limites définies dans le Tableau I.6.6.2-2/G.168 peuvent s'appliquer. X fait l'objet d'une étude complémentaire.

Les valeurs du Tableau I.6.6.2-2/G.168, identique au Tableau 6/P.342, sont dérivées de celles définies dans le Tableau I.6.6.2-1/G.168. Les valeurs entre parenthèses font l'objet d'un complément d'étude.

Tableau I.6.6.2-2/G.168

	Temps de transmission dans un seul sens	TCL (bande troisième octave)	TCL_w
Monologue	≤ 25 ms	> (18) dB	> (24) dB
Parole simultanée	> 25 ms	> (25 – X) dB	> (35 – X) dB
	≤ 25 ms	> (12 – X) dB	> (18 – X) dB

Toutefois, pour satisfaire aux spécifications objectives d'écho pour le locuteur de G.131 [14], un équivalent pondéré de couplage de terminal supérieur à 45 dB est désirable et devra être recherché.

6.1.2 Fonction d'écoute amplifiée par haut-parleur

TCL doit être supérieur à 25 dB et TCL_w devra être supérieur à 35 dB.

Lorsqu'un temps de transmission dans un seul sens est inférieur à (25) ms, le TCL devra être supérieur à (18) dB et TCL_w devra être supérieur à (24) dB.

Lorsqu'il existe un dispositif de commutation vocal pour améliorer TCL_w, on supposera qu'en double conversation, le trajet d'émission du combiné associé a priorité sur le trajet de l'amplificateur.

De la Recommandation UIT-T P. 340

Le temps de commutation T_S – Temps d'une direction de transmission vers l'autre. Il convient que le temps de commutation T_S soit d'environ 100 ms. Limite: $T_S < 150$ ms

I.6.7 Nouveau service à commutation de circuits

On a laissé entendre qu'il pouvait être bénéfique de modifier le mode de neutralisation des annuleurs G.165/G.168 de sorte que l'annuleur neutralise avant la libération de la connexion, dès la réception de la tonalité de neutralisation.

Il a été indiqué qu'une procédure habituelle pour initialiser une transmission numérique dans certains réseaux par un réseau vocal numérique utilisant le codeur MIC uniquement était de faire précéder la transmission numérique d'une tonalité à 2100 Hz pour neutraliser n'importe quels annuleurs/supprimeurs d'écho dans le circuit. Les annuleurs restent cependant neutralisés tant que les données numériques transmises, lorsqu'elles sont interprétées comme des échantillons MIC, contiennent suffisamment d'énergie pour maintenir les annuleurs à l'état neutralisé. Le succès de cette méthode non normalisée dépend du contenu du flux de données numériques, des solutions propriétaires étant normalement utilisées pour garantir que ces annuleurs restent à l'état neutralisé, étant donné qu'il ne peut pas être garanti qu'un niveau de puissance suffisant pourra être maintenu. Quand le signal de neutralisation est engendré par des moyens numériques, une complexité supplémentaire est nécessaire pour les terminaux qui utilisent un protocole orienté bit et une interface série, en raison de l'incapacité du terminal à aligner les octets utilisés dans la voie de transmission.

Dans de telles conditions, le besoin d'un signal de neutralisation dans la bande de l'annuleur d'écho, non aligné sur les octets, fait l'objet d'un complément d'étude en coopération avec la Commission d'études 1.

I.6.8 Bruit de confort

A mesure que le réseau téléphonique contient davantage de liaisons numériques, il devient de plus en plus vraisemblable que le trajet d'écho sera analogique, alors que le trajet des liaisons à grande distance sera numérique. Une conséquence est que le trajet à longue distance a un bruit de voie repos faible alors que le trajet d'écho a un bruit de voie repos plus élevé. Cela provoque en outre une situation appelée "modulation de bruit". Lors du fonctionnement du processeur non linéaire (NLP), le locuteur "entend" le bruit de voie repos du trajet d'écho, de même que le bruit ambiant distant.

Ainsi, le locuteur entend les intervalles de parole avec du bruit de fond suivi par des intervalles de silence, ce qui peut être très fâcheux dans certaines instances.

Il existe deux méthodes connues relatives au bruit de confort. La première solution consiste à introduire du bruit pseudo aléatoire pendant l'intervalle de silence. La seconde doit permettre à une partie du bruit de fond ou à du bruit de voie repos de traverser le processeur non linéaire.

NOTE – La Commission d'études 12 recommande les points suivants:

- il convient de réduire au minimum les effets parasites dus aux insertions de bruit de confort;
- le bruit utilisé doit correspondre au bruit de fond, tant pour le contenu de fréquences que pour le niveau de bruit (des études indiquent que ce principe n'est pas une bonne idée pour les niveaux de bruit haut et bas);
- le niveau du bruit inséré doit correspondre au niveau du bruit de fond. Il convient d'effectuer des mesures et des ajustements appropriés de niveau en utilisant dBm0p;
- il convient que la progression dans le temps des modifications du niveau du bruit inséré corresponde le plus près possible aux changements de niveau qui se produisent dans le bruit de fond.

I.7 Aspects particuliers liés à la mise en réseau des équipements DCME/PCME

Il est bien connu que la réduction d'écho est nécessaire dans des circuits à long retard, tels que les liaisons satellite. Par ailleurs, il peut être nécessaire de réduire l'écho, même dans un circuit terrestre court, étant donné le retard additionnel de mise en mémoire tampon dans les équipements DCME ou PCME. Si l'écho est présent, il peut être classé comme parole et réduire le gain de compression.

Une interaction possible concerne l'effet de charge potentielle du bruit de confort injecté par l'annuleur d'écho sur des équipements DCME/PCME (voir Figure I.3). Le fonctionnement de l'annuleur d'écho peut moduler le bruit analogique proche injecté sur l'accès S_{in} de l'annuleur d'écho. De ce fait, le détecteur de parole adaptatif des équipements DCME/PCME pourrait provoquer un mauvais classement de ce changement dans le niveau de bruit en présence de parole. Dans un tel cas, les équipements DCME/PCME transmettent du bruit impulsionnel comme de la parole et augmentent ainsi le facteur d'activité du circuit. Ceci a pour conséquence de réduire le gain de compression, et d'augmenter l'apparition de gel de voie dans certains systèmes.

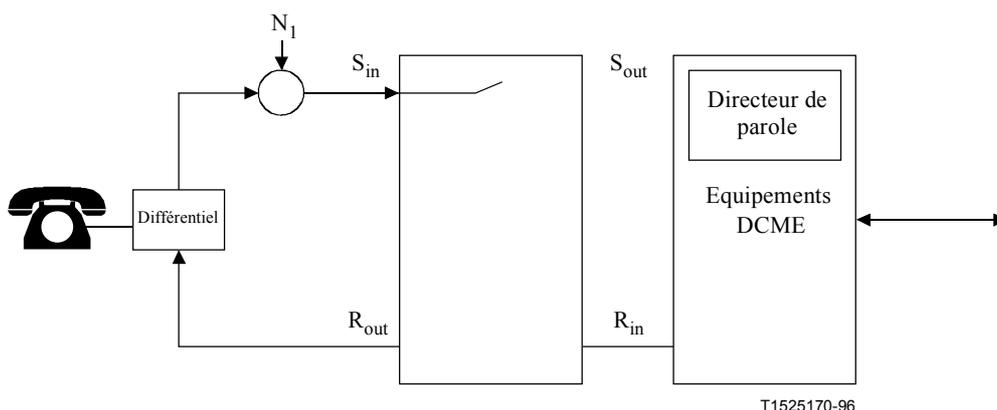


Figure I.3/G.168 – Interaction du détecteur de parole et du dispositif de réduction d'écho

I.7.1 Interaction détaillée

Cette interaction se produit comme suit:

- 1) la réception de la parole se produit à l'entrée réception (R_{in}) de l'unité de contrôle d'écho;
- 2) le supprimeur d'écho ou le processeur non linéaire (NLP) de l'annuleur est activé, en stoppant l'écho ou l'écho résiduel et en affaiblissant le bruit terrestre analogique généré du côté proche (N_1), présent à l'entrée émission (S_{in});
- 3) si une faible quantité de bruit est générée entre l'accès sortie émission (S_{out}) et l'entrée du détecteur de parole des équipements DCME, le seuil du détecteur de parole s'adapte à son niveau minimal (en général -50 dBm0);
- 4) quand la parole à la réception est interrompue, après un temps de maintien adapté de l'unité de contrôle d'écho, le supprimeur d'écho ou le processeur non linéaire de l'annuleur est fermé et le bruit terrestre généré du côté proche (N_1), tel qu'il est capté par le détecteur de parole des équipements DCME, réapparaît comme un changement brutal dans le niveau de bruit;
- 5) le changement brutal intervenu dans le niveau de bruit peut dépasser le seuil de détection de la parole, de sorte que les équipements DCME transmettent le bruit impulsionnel comme si c'était de la parole. La durée de l'impulsion du signal de bruit est fonction de la vitesse d'adaptation du détecteur de parole et du niveau de bruit terrestre généré du côté proche.

Cette séquence se répète pour chaque salve de parole et produit une très fâcheuse salve de bruit, corrélée par de la parole entendue par des locuteurs distants chaque fois qu'ils s'interrompaient.

Cette interaction ne se limite pas à des configurations de réseau équipées d'un dispositif unique de réduction d'écho. La Figure I.4 est l'illustration d'une configuration de réseau comportant de multiples dispositifs de réduction d'écho ayant des interactions avec un détecteur de parole DCME/PCME. Dans une telle configuration, le détecteur de parole DCME/PCME peut réagir à des augmentations incrémentielles de la puissance de bruit, provenant du supprimeur d'écho ou des activations de l'écrêteur de centre de l'annuleur d'écho sur les trajets d'émission des dispositifs de réduction d'écho 1 et 3. (Le rôle de l'écrêteur de centre est d'éliminer les échos résiduels provenant d'une annulation imparfaite.) Le détecteur de parole DCME/PCME subit tout d'abord une augmentation incrémentielle de la puissance de bruit provenant de l'activation du commutateur 3 du dispositif de réduction d'écho, suivie d'une seconde augmentation incrémentielle provenant de l'activation du commutateur 1. La variation du comportement pour lequel le détecteur de parole DCME/PCME réagit incorrectement à de telles augmentations incrémentielles de la puissance de bruit est fonction des niveaux de puissance N_1 , N_2 , N_3 et N_4 et de l'algorithme d'adaptation du seuil de détecteur de parole spécifique aux équipements DCME. Par exemple, les augmentations à deux niveaux de bruit présentées au détecteur de parole DCME/PCME, résultant de l'activation du commutateur ou de l'écrêteur de centre aux emplacements 1 et 3, sont masquées si le niveau de puissance N_4 est trop élevé. De façon similaire, les niveaux de puissance élevés de bruit en N_2 ou N_3 peuvent masquer des augmentations incrémentielles de la puissance de bruit provoquées par l'unité de contrôle d'écho 1.

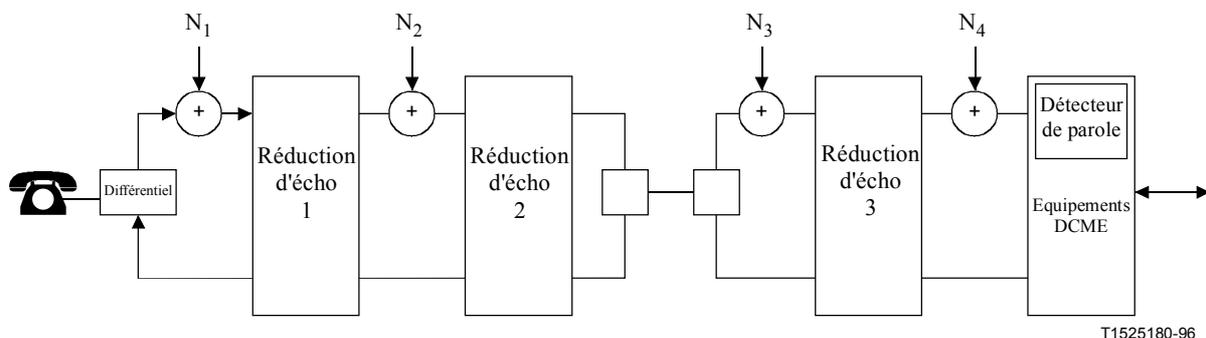


Figure I.4/G.168 – Dispositifs multiples de réduction d'écho dans une configuration de réseau DCME/PCME

I.7.2 Solutions possibles

Les interactions entre les dispositifs de contrôle d'écho et le détecteur de parole DCME peuvent être traitées selon plusieurs méthodes. Selon l'une de ces méthodes, le dispositif de contrôle d'écho pourrait être modifié pour contrôler le bruit généré par la terre à l'accès d'entrée émission. Quand le trajet de transmission dans le sens émission est interrompu, un niveau approprié de bruit doit être injecté dans la sortie émission en direction des équipements DCME, afin de maintenir le bruit capté par le détecteur de parole à un niveau constant (bruit de confort) et d'éviter l'activation du détecteur de parole. Tous les annuleurs d'écho peuvent utiliser cette méthode, en raison de la multiplicité des dispositifs de réduction d'écho utilisés et du caractère unique de cette application.

Dans une seconde méthode, le seuil adaptatif du détecteur de parole des équipements DCME/PCME est gelé en présence de parole sur la voie de réception correspondante.

Une troisième méthode consiste à spécifier un détecteur de parole adaptatif avec une option d'adaptation rapide, ce qui permettrait d'enregistrer les changements incrémentiels dans le niveau de bruit et de réduire au minimum les bruits impulsionnels.

Les méthodes décrites ci-dessus peuvent ne pas être acceptables en raison du grand nombre de dispositifs différents de contrôle d'écho utilisés et du caractère unique de l'application proposée. Par ailleurs, l'élargissement du parc des annuleurs empêche qu'une mise en phase rapide soit prise en compte dans les nouveaux annuleurs d'écho.

Ce thème fera l'objet d'un complément d'étude et pourra conduire à des modifications dans les Recommandations UIT-T G.165 et G.168 pour tenir compte de la nouvelle génération des annuleurs d'écho. L'idée principale du présent sous-paragraphe est que la solution dépendra des procédures de détection de parole qui seront utilisées à la fois pour les équipements DCME/PCME et pour les annuleurs d'écho.

I.8 Aspects concernant les caractéristiques de fonctionnement des annuleurs d'écho dans les conditions de la parole simultanée

I.8.1 Introduction

Une situation de parole simultanée (comme le suggère le nom) est susceptible de se produire quand les deux signaux présents à l'entrée d'un annuleur d'écho ont des caractéristiques de parole active.

Le signal de la source composite qui simule la parole simultanée comprend une rafale (d'énergie constante) et une pause réelle. On a cependant montré qu'un signal plus approprié de parole simultanée pouvait être obtenu par un signal constitué de deux rafales dotées d'une énergie de signal fort; ces deux rafales sont identiques au signal initial, tandis que la pause est remplie d'un signal de la source composite (CSS) raccourcie comprenant un son voisé, une séquence de bruit et une pause réelle. La Figure I.5 indique que le signal de parole simultanée a été modifié avec une longueur de séquence de 800 ms.

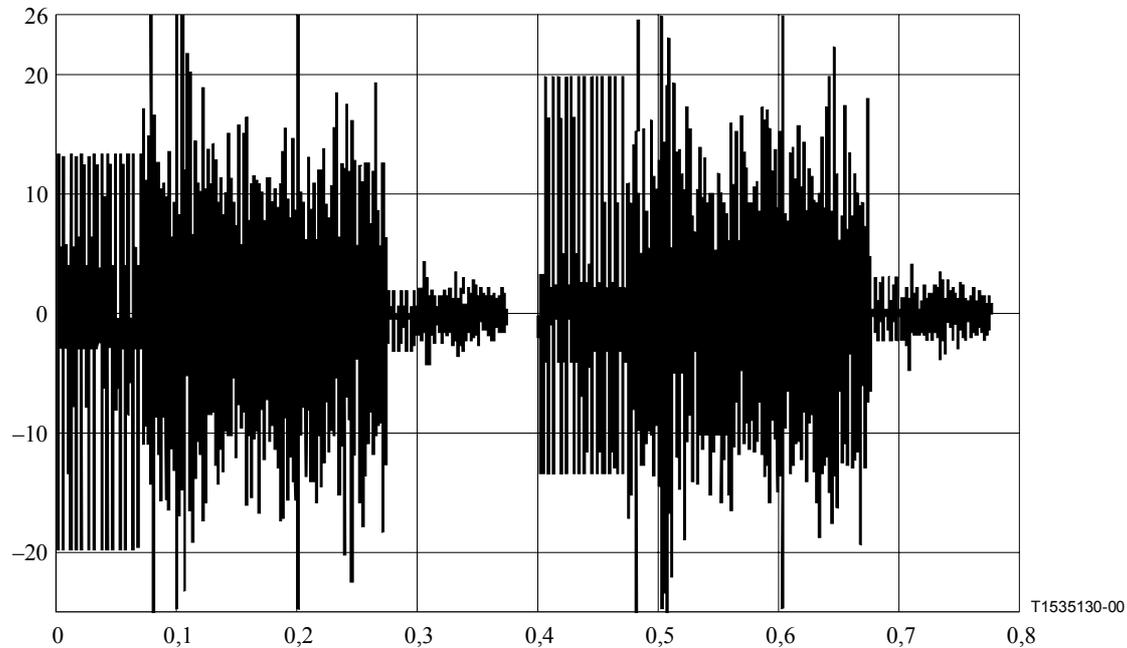


Figure I.5/G.168 – Signal de parole simultanée modifié

I.8.2 Paramètres de parole simultanée

Les caractéristiques des annuleurs d'écho dans les conditions de parole simultanée sont déterminées par de nombreux paramètres. Les aspects suivants sont obtenus à partir des enregistrements et des essais prévoyant l'écoute:

- une des dégradations les plus notables lors de l'écoute du signal de parole simultanée est due à l'introduction erronée du processeur non linéaire (NLP) pendant la parole continue;
- les intervalles de parole provoqués par le processeur non linéaire (NLP) comme cela est mentionné ci-dessus pendant la parole continue semblent être plus fâcheux que la mutilation au début de la séquence de la parole simultanée (premier mot du premier son);
- la détectabilité et la gêne provoquée par les signaux d'écho dans les conditions de la parole simultanée dépendent du niveau et du son de signal d'écho;
- les annuleurs d'écho se comportent différemment si la parole simultanée intervient au début de l'adaptation ou après l'achèvement de la convergence;
- selon les données de la Commission d'études 12: il convient de toujours éviter l'écrêtage temporel (c'est-à-dire l'amputation ou la mutilation de syllabes) introduit par le processeur non linéaire pour des durées supérieures à 64 ms et pour des durées inférieures à 64 ms que cet écrêtage soit inférieur à 0,1% de la parole active.

I.8.3 Analyse des paramètres techniques ayant une influence sur les caractéristiques de fonctionnement dans les conditions de la parole simultanée

Les paramètres suivants doivent être pris en compte lors de la définition du signal d'essai et de la procédure de mesure:

- niveaux de signal aux accès R_{in} et S_{gen} (signal de réception et signal de parole simultanée);
- rapport de niveaux et diagramme temporel pour les deux signaux aux accès R_{in} et S_{gen} ;
- temps de parole simultanée (statut de convergence de l'annuleur d'écho);
- durée de la parole simultanée.

Les caractéristiques de l'annuleur d'écho sont elles-mêmes déterminées par des paramètres techniques tels que:

- 1) la sensibilité de détection de la parole simultanée;
- 2) le niveau de seuil de détection de la parole simultanée (introduction du processeur non linéaire, contrôle adaptatif éventuel);
- 3) la fiabilité de détection de la parole simultanée;
- 4) le temps de commutation du processeur non linéaire (NLP);
- 5) le temps de maintien de détection de la parole simultanée;
- 6) les caractéristiques de fréquence de l'affaiblissement du signal d'écho résiduel mesurées entre l'accès R_{in} et l'accès S_{out} (affaiblissement d'adaptation pour l'écho par rapport à la fréquence, "son" du signal d'écho);
- 7) divergence dans les conditions de la parole simultanée.

Par rapport à ces facteurs, les paramètres dominants peuvent être classifiés en différents groupes:

- les points 1) à 3) sont déterminés par les caractéristiques de détection de la parole simultanée (sensibilité, fiabilité);
- les caractéristiques de commutation du processeur non linéaire déterminent les points 4) et 5);
- les points 6) et 7) (caractéristiques de fréquence, c'est-à-dire affaiblissement d'adaptation pour l'écho par rapport à la fréquence et à la divergence) dépendent de l'algorithme de filtrage.

Une procédure de mesure appropriée dans l'évaluation des caractéristiques de la parole simultanée nécessite une séquence de mesure appropriée. Une association de deux signaux de la source composite a été obtenue de façon à reproduire des séquences normales de parole simultanée. Les deux signaux sont décrits dans la Recommandation UIT-T P.501. La longueur du signal de la source composite pour la mesure est égale à 700 ms, le second signal de la source composite simulant la parole simultanée injectée dans le trajet d'écho ayant une durée de 800 ms. En raison de leur longueur de séquence différente, les rapports de niveaux sur les deux entrées R_{in} et S_{gen} (ou) S_{in} des annuleurs d'écho changent, si les deux signaux sont répétés périodiquement. Les mêmes rapports peuvent être observés si on utilise des signaux de parole réelle. Différentes mesures effectuées sur divers annuleurs d'écho indiquent que cette association de signaux reproduit les résultats obtenus dans les conditions de la parole simultanée par rapport au monologue.

I.8.4 Essais 3A et 3B en parole simultanée sans neutraliser l'adaptation

I.8.4.1 Introduction

Dans les essais 3A et 3B, l'annuleur d'écho est exposé à la parole simultanée pendant un temps δt et la convergence C/divergence D est ensuite déterminée en retirant la parole simultanée et en gelant l'adaptation tandis que le signal CSS reste actif sur l'accès d'entrée côté réception. Chaque expérience

ne fournit ainsi qu'un point du graphe $C = C(\delta t)$ ou $D = D(\delta t)$. Au lieu d'utiliser cette méthode, il serait possible de mesurer le graphe complet $C = C(\delta t)$ ou $D = D(\delta t)$ en une seule expérience en soustrayant la composante parole simultanée du côté proche $sgen(k)$ du signal $e(k)$ à l'accès de sortie côté émission. La différence $e_r(k) = e(k) - sgen(k)$ serait l'écho résiduel, ce qui conduit directement $C = C(\delta t)$ ou $D = D(\delta t)$.

I.8.4.2 Procédure d'essai

L'essai est réalisé en utilisant la configuration d'essai de la Figure I.6. Pour les niveaux élevés de $sgen(k)$, l'amplitude de $sgen(k)$ et l'écho, $g(k)*c(k)$ peuvent dépasser la plage linéaire du codeur loi μ /loi A. Il en résulte que l'annuleur d'écho voit la valeur saturée de $sgen(k)+g(k)*c(k)$. La composante parole simultanée à l'accès d'entrée côté émission devient: **$sgen_sat(k) = codec[sgen(k)+g(k)*c(k)] - g(k)*c(k)$** . De cette façon, la fonction $codec(\cdot)$ est définie comme la conversion linéaire vers loi A/loi μ suivie par une conversion loi A/loi μ vers linéaire. Le signal $sgen_sat(k)$ est calculé par les blocs distants de gauche de la Figure I.6.

Certains annuleurs d'écho contiennent un filtre haut ou un filtre passe-bande sur le trajet d'émission. Si tel est le cas, $sgen_sat(k)$ doit traverser un tel filtre avant de pouvoir être soustrait du signal d'émission. Cette condition peut être obtenue de plusieurs façons. Si le filtre est connu, il est plus simple de faire passer $sgen_sat(k)$ directement par le filtre. Si le filtre est inconnu, on peut faire passer $sgen_sat(k)$ par l'annuleur d'écho au moment d'un silence sur l'accès d'entrée côté émission (voir Figure I.6). Le signal obtenu $sgen_sat_filt(k)$ représente la composante parole simultanée du signal d'émission et peut être soustrait pour calculer l'écho résiduel $e_r(k)$.

Il convient que les prescriptions sur le niveau de puissance de $e_r(k)$ soient les mêmes que sur L_{RES} . Cette procédure fournit une vue continue (plutôt que discrète) du comportement de l'annuleur d'écho tout au long de la séquence en parole simultanée. De ce fait, elle ne nécessite pas le gel de l'adaptation de l'annuleur d'écho et elle élimine la possibilité d'une distorsion potentielle de la caractéristique de fonctionnement mesurée. Il convient de noter que le signal S_{out} est mesuré pendant l'application du signal de parole simultanée, S_{gen} .

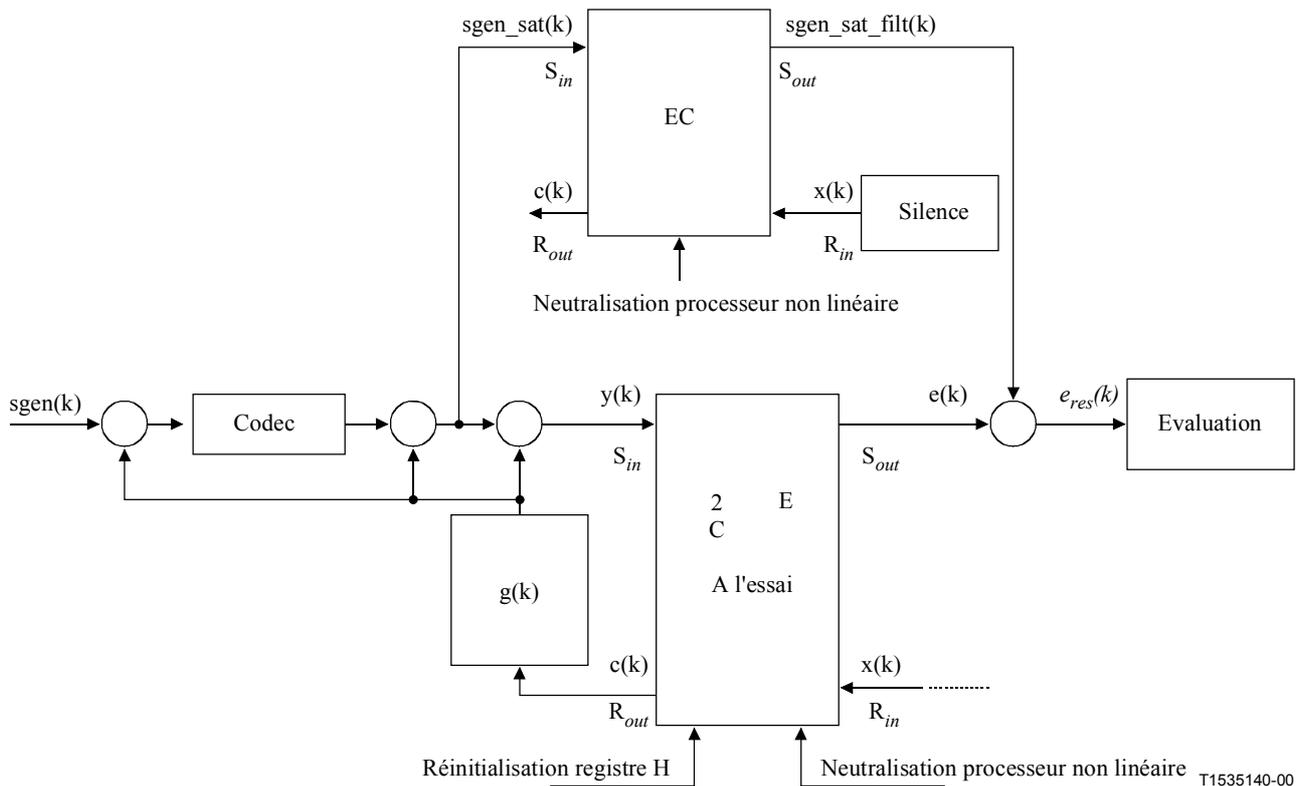


Figure I.6/G.168 – Essai pour soustraire la composante de parole simultanée du signal d'émission

I.8.5 Essais subjectifs et objectifs de l'annuleur d'écho

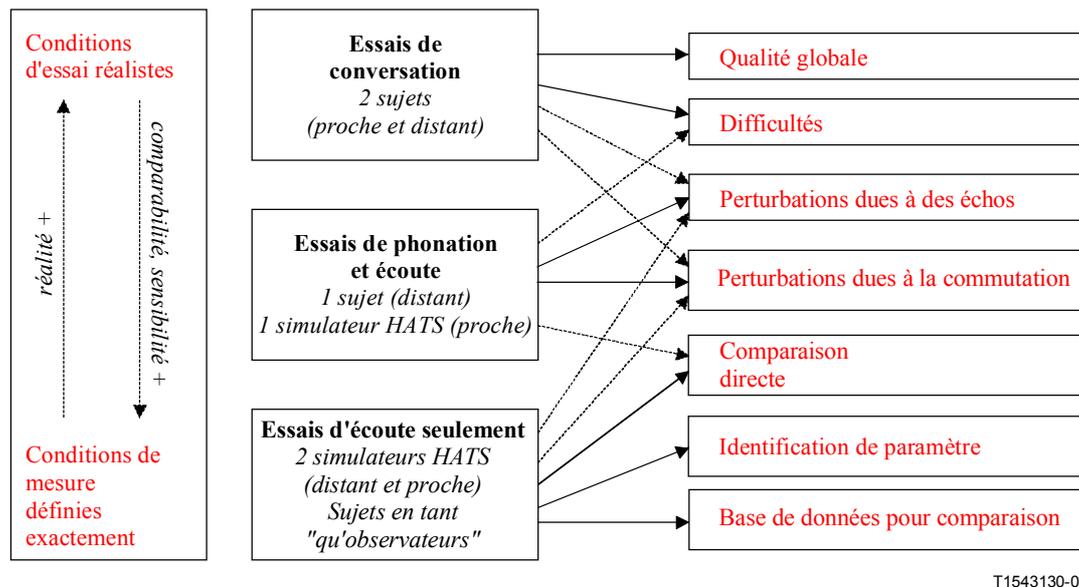
I.8.5.1 Essais subjectifs et objectifs de l'annuleur d'écho – Considérations d'ordre fondamental

Lors de l'étude de performance des annuleurs d'écho, un des points les plus importants consiste à rechercher le mode de corrélation des essais objectifs avec les essais subjectifs. La normalisation des procédures d'essai subjectif (essai de conversation, essais de phonation et écoute, essais d'écoute seulement) a été suggérée dans la Recommandation UIT-T P.831. Sur la base des données issues d'essais subjectifs, il est possible de définir des paramètres de qualité de transmission pour annuleurs d'écho vocal. Dans un deuxième temps, des conclusions pourront être tirées au sujet d'importantes procédures et prescriptions d'essai pour laboratoires.

Les alinéas suivants résument comment des résultats d'essais subjectifs ont été utilisés afin de mettre au point des essais objectifs.

Procédures d'essais auditifs

La Figure I.7 montre la structure et les relations des différentes procédures d'essai subjectif telles que *les essais de conversation, les essais de phonation et écoute* ainsi que *les essais d'écoute seulement*, avec les paramètres qui peuvent être évalués par ces essais. Les différentes procédures ont été élaborées en tant qu'éléments du montage d'essai complet. Ces procédures n'ont pas été appliquées isolément, chacune visant au contraire un objet particulier.



T1543130-01

Figure I.7/G.168 – Structure des procédures d'essais subjectifs pour les annuleurs d'écho vocal et pour la sélection des paramètres

Les *essais de conversation* jouent un rôle important dans l'évaluation des annuleurs d'écho vocal car la performance de l'annuleur d'écho influence la perception de la qualité de la chaîne de connexion téléphonique globale. Au cours d'un essai de conversation, les sujets indiquent leur évaluation de la qualité de la chaîne de connexion *globale* après une conversation *complète*, ce qui permet de tenir compte de tous les facteurs de qualité mentionnés précédemment. Il est donc probable que les essais de conversation soient les plus importants qui aient été mis au point pour évaluer l'influence des annuleurs d'écho vocal sur la qualité de transmission globale.

Les essais de conversation sont par ailleurs nécessaires pour identifier les paramètres qui jouent un rôle important dans le paramètre complexe "*qualité globale*". Mais, d'autre part, de tels essais ne sont pas assez sensibles pour évaluer des caractéristiques spécifiques de la qualité de transmission. Si des essais de laboratoire doivent être mis au point et si des prescriptions doivent être fixées pour des paramètres de transmission propres aux annuleurs d'écho (niveau d'écho résiduel, convergence initiale, comportement du processeur NLP, voir ci-dessus), d'autres procédures d'essai sont nécessaires. C'est à cette fin que l'on a mis au point des essais *de phonation et écoute*, ainsi que des essais *d'écoute seulement*. Si ces essais sont correctement conçus, ils constituent une méthode à la fois puissante et efficace pour rechercher l'effet de certains paramètres d'annuleur d'écho sur la qualité de transmission globale. Les résultats de ces essais peuvent donc être mis en corrélation directe avec les résultats de mesures objectives.

Identification de paramètres par essais de conversation

En 1996, des essais de conversation ont été conduits sur 4 annuleurs d'écho du commerce, au moins conformes à la Recommandation UIT-T G.165. A l'issue de chaque essai, les exploitants présents dans les salles d'essai ont demandé aux sujets leur *évaluation de qualité globale* et la *difficulté, exprimée en pourcentage, à parler ou à écouter par la connexion (% D)*. Les caractéristiques de trajet d'écho et les résultats d'essai correspondants sont indiqués dans les Figures I.8 et I.9.

En plus de ces questions recommandées, tous les sujets ayant répondu par "oui" à la question concernant les difficultés ont par ailleurs été interrogés sur le *type de difficultés* qu'ils ont rencontrées. A la fin de l'entrevue, chaque sujet a été interrogé sur *l'aspect le plus gênant* éprouvé au cours de la communication qu'il venait de terminer. Les réponses présentent un intérêt particulier pour les exploitants, non seulement dans le cadre des essais subjectifs proprement dits mais aussi pour l'évaluation des paramètres techniques à la source des problèmes rencontrés par les abonnés. Ces informations donnent une idée précise de l'utilité des paramètres de base.

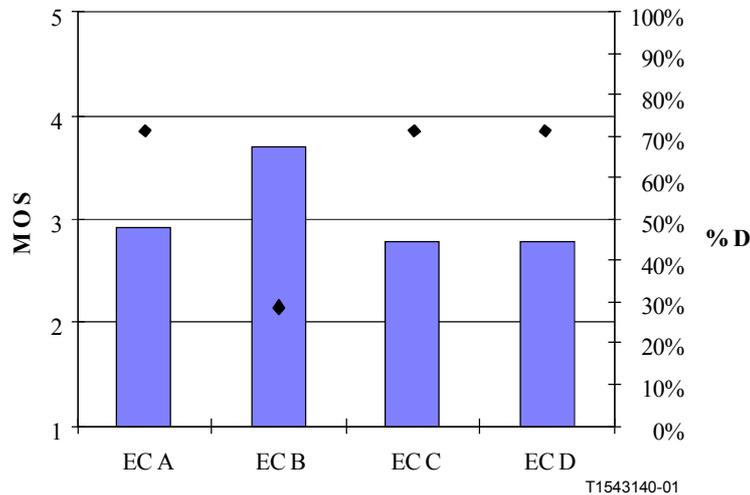


Figure I.8/G.168 – Résultats d'essais de conversation, notes MOS de qualité globale et pourcentage D (losanges) pour les 4 annuleurs d'écho avec équivalent ERL = 7 dB, bruit de salle 40 dB(A), niveau correspondant -61 dB_{m0}

Une différence notable entre l'annuleur d'écho B et les autres annuleurs A, C et D peut être analysée dans la Figure I.8. L'objet principal de ces essais n'était pas de comparer différents annuleurs d'écho mais d'identifier les paramètres qui déterminent la qualité perçue subjectivement. Si les commentaires sur les difficultés éprouvées au cours de la conversation sont analysées, la plupart des déclarations portent sur les points suivants:

- *mutilation audible des paroles en cours de parole simultanée (implémentation du processeur NLP)*

Des mesures pratiques, fondées sur les signaux composites de source, montrent que l'annuleur d'écho B (Figure I.8) a un très bon comportement en parole simultanée. En association avec un affaiblissement d'écho élevé, cela conduit à la meilleure évaluation obtenue selon la Figure I.8;

- *perturbations dues à des échos (convergence initiale et écho résiduel)*

Le signal d'écho de l'annuleur D a été généralement caractérisé comme "distordu" ou "...comparable à un murmure", ce qui a produit des notes MOS nettement moins bonnes par rapport à l'annuleur B, bien que le comportement en parole simultanée ait été bon.

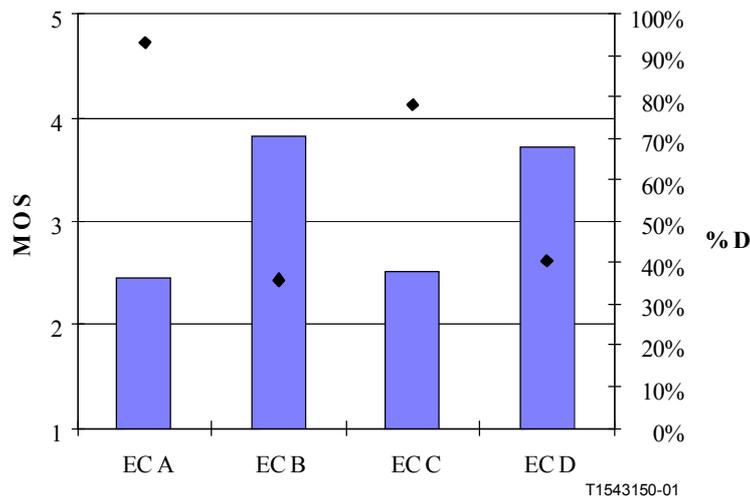


Figure I.9/G.168 – Résultats d'essais de conversation, notes MOS de qualité globale et pourcentage D (losanges) pour les 4 annuleurs d'écho sur un trajet d'écho à 4 fils, bruit de salle 50 dB(A), niveau correspondant -55 dB_{m0}

Les annuleurs d'écho peuvent être subdivisés en deux groupes dans la Figure I.9. Les deux annuleurs A et C sont jugés nettement moins bons que les annuleurs B et D. Si l'on analyse les commentaires des sujets exprimant leur évaluation de difficulté relative après essais, deux aspects importants ressortent clairement:

- mutilation en cours de parole simultanée en tant que dégradation la plus gênante*

Les deux annuleurs d'écho B et D, qui présentent de bonnes performances en parole simultanée en association avec ce type de réalisation de trajet d'écho, sont jugés nettement meilleurs;
- qualité de transmission en terme de bruit de fond*

La modulation du bruit de fond est audible et gênante pour les sujets, en particulier si le bruit disparaît lorsqu'on commence à parler et que l'annuleur d'écho affaiblit le trajet d'émission.

Des essais de conversation conduits par une autre Administration dans des conditions de réseau différentes ont également fait ressortir l'importance du comportement du processeur NLP. De notables différences entre deux des annuleurs d'écho en essai sont apparues au cours de cette évaluation lorsque les niveaux du signal se trouvaient soit au-dessus soit au-dessous de leur valeur nominale. Dans une configuration donnée, l'on a conclu que la différence de qualité était due à la mutilation de la parole au cours du temps en raison du fonctionnement du processeur non linéaire et de sa commande associée.

Les résultats d'essais de conversation publiés par deux Administrations, ainsi que les résultats correspondantes de certains essais d'écoute seulement en conditions de parole simultanée, indiquent que l'apparition de mutilations et de coupures a une grande influence sur la qualité perçue par les sujets. Des mesures objectives concernant les caractéristiques de commutation du processeur NLP, donnent des paramètres corrélés. Les résultats des différentes procédures d'essai subjectif indiquent clairement que la commande du processeur NLP est, avec la caractéristique de commutation associée, en conditions de parole double ou unique, l'un des paramètres les plus importants. Cela influence la qualité de transmission en terme de bruit de fond et la performance en parole simultanée. Par ailleurs, l'affaiblissement d'écho au cours de la convergence initiale et des conditions stables est également important (en conditions de parole double ou unique).

Essais spécifiques de phonation et écoute

Au cours des essais de conversation, des plaintes ont été exprimées concernant les échos perturbateurs avec certains des annuleurs d'écho en essai. Cela indique la nécessité d'un essai subjectif spécifique et de résultats d'essai objectif correspondants afin de déterminer les exigences pour des essais en laboratoire. C'est à cette fin que des *essais de phonation et écoute* spécifiques ont été mis au point en vue d'évaluer les perturbations associées à la phonation. Quatre annuleurs d'écho ont été soumis aux essais.

Une partie de cet essai a porté sur la convergence initiale des annuleurs d'écho, aussi bien avec processeur NLP activé que processeur NLP désactivé. Les résultats des essais subjectifs et les mesures objectives correspondantes se trouvent dans les Figures ci-après.

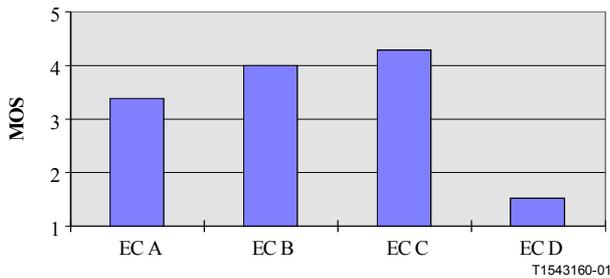


Figure I.10/G.168 – Résultats d'essais de phonation et écoute, notes MOS, perturbations dues à des échos, trajet d'écho numérique, ERL 6 dB, absence de bruit de fond proche, processeur NLP désactivé

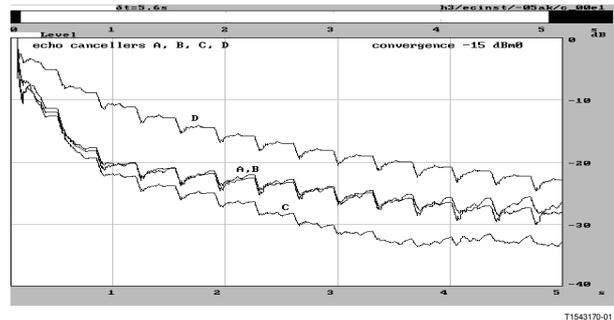


Figure I.11/G.168 – Essai de convergence en fonction du temps, trajet d'écho numérique, ERL 6 dB, absence de bruit de fond proche, niveau de réception -15 dB_{m0} , processeur NLP désactivé

Si le processeur NLP est désactivé, les résultats sont indiqués dans la Figure I.10. Cet essai caractérise la convergence des filtres adaptatifs. Les *essais de phonation et écoute* sont assez sensibles pour faire ressortir des différences entre les annuleurs d'écho essayés. Ces différences peuvent être attendues d'après les commentaires des sujets au cours des essais de conversation mais ceux-ci n'ont pas été assez sensibles pour effectuer une comparaison plus poussée entre les annuleurs d'écho essayés. Le signal d'écho produit par l'annuleur D est celui qui provoque la plus grande gêne. Ces valeurs MOS sont en corrélation avec les résultats d'essai objectif mesurés avec les mêmes annuleurs d'écho, comme indiqué sur la Figure I.11.

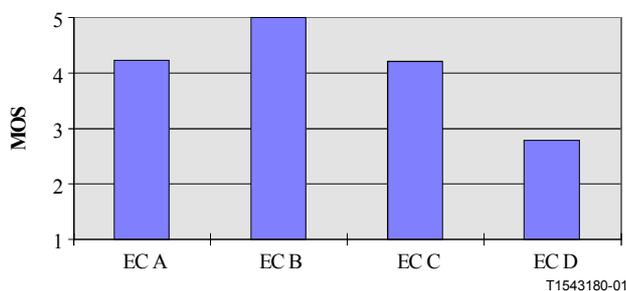


Figure I.12/G.168 – Résultats d'essais de phonation et écoute, notes MOS, perturbations dues à des échos, trajet d'écho numérique, ERL 6 dB, bruit de fond -55 dB_{m0} , processeur NLP activé

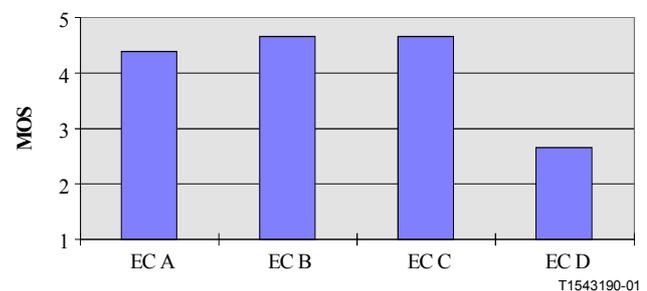


Figure I.13/G.168 – Résultats d'essais de phonation et écoute, notes MOS, perturbations dues à des commutations audibles, trajet d'écho numérique, ERL 6 dB, bruit de fond -55 dB_{m0} , processeur NLP activé

Les deux Figures I.12 et I.13 donnent ces résultats lorsque le processeur NLP est activé. La Figure I.12 montre les évaluations pour les perturbations par écho si le processeur NLP est désactivé. La Figure I.13 montre les résultats correspondants en présence de mutilations audibles. L'annuleur D obtient les moins bonnes évaluations avec moins de 3 points pour les deux paramètres. Les échos peuvent être perçus pendant plus longtemps avant d'être annulés (Figure I.12). La commutation audible provoque une gêne plus grande avec les trois autres annuleurs d'écho (A, B et C, Figure I.13). La caractéristique de commutation de l'annuleur D est plus gênante que celle des trois autres annuleurs d'écho.

Fondamentalement, plusieurs paramètres provoquent la gêne au début de la convergence: la vitesse initiale de convergence, déterminée par l'affaiblissement d'écho en fonction du temps, est un aspect important qui ressort des résultats d'essais subjectifs et objectifs corrélés (voir Figures I.10 et I.11). Les caractéristiques de commutation du processeur NLP et l'affaiblissement d'écho en fonction de la fréquence ont également une influence sur la gêne. Les résultats de mesure objective corrélés sont indiqués dans les Figure I.14 à I.17 ci-après. Ces images montrent une analyse spectrale du signal d'écho en fonction du temps (axe x) et en fonction de la fréquence (axe y) au cours de la convergence initiale des annuleurs d'écho qui ont subi les essais subjectifs (Figures I.12 et I.13). Les crêtes de signal d'écho fort sont indiquées en couleurs claires, tandis que les couleurs foncées représentent un meilleur affaiblissement d'écho. Ces résultats de mesure sont de nouveau un très bon exemple de la façon dont des résultats d'essai obtenus subjectivement peuvent être corrélés avec des analyses objectives. Ces essais font clairement ressortir le fait que les annuleurs d'écho A, B et C, qui ont été jugés significativement meilleurs au cours des essais de phonation et écoute (Figure I.12 et I.13), affaiblissent et annulent l'écho résiduel plus rapidement que l'annuleur d'écho D.

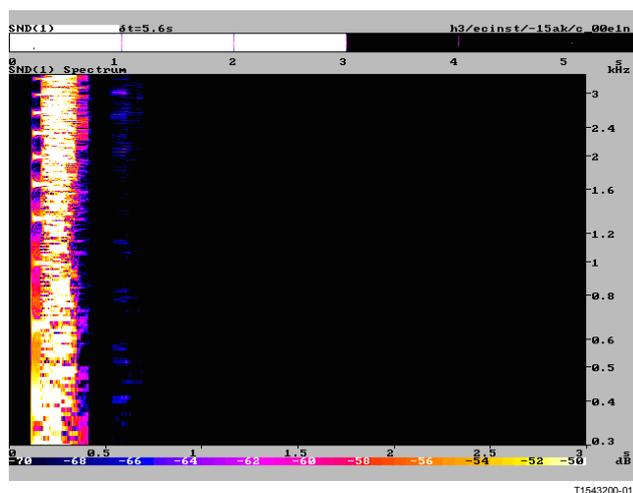


Figure I.14/G.168 – Analyse spectrale de l'écho résiduel au cours de la convergence initiale: annuleurs d'écho A

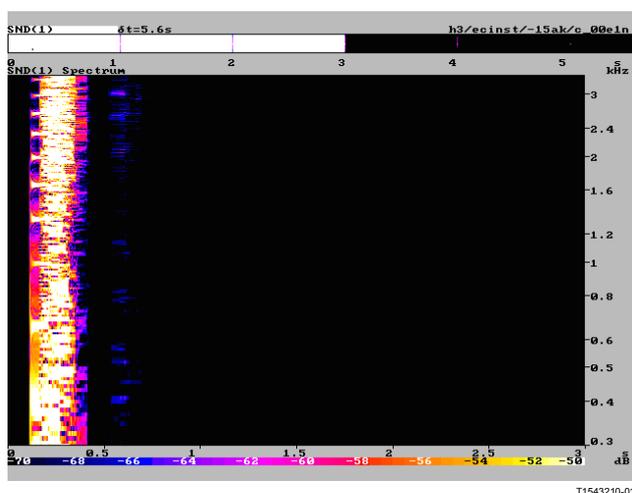
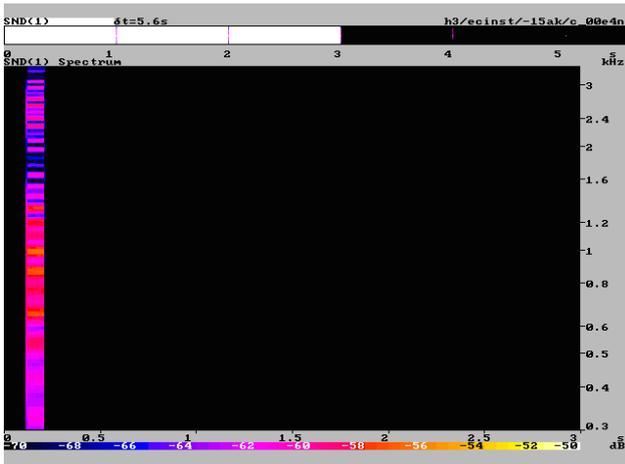
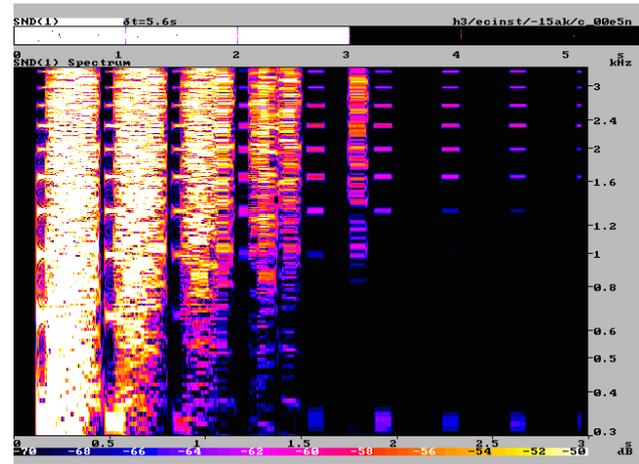


Figure I.15/G.168 – Analyse spectrale de l'écho résiduel au cours de la convergence initiale: annuleurs d'écho B



T1543220-01

Figure I.16/G.168 – Analyse spectrale de l'écho résiduel au cours de la convergence initiale: annuleurs d'écho C



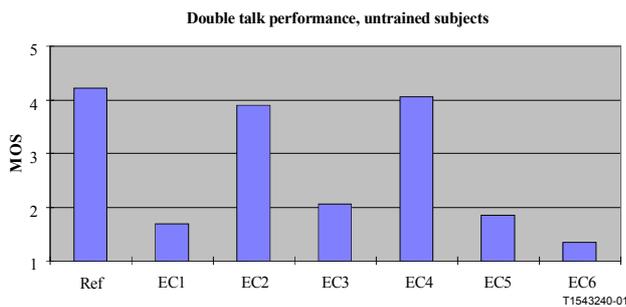
T1543230-01

Figure I.17/G.168 – Analyse spectrale de l'écho résiduel au cours de la convergence initiale: annuleurs d'écho D

Essais d'écoute seulement

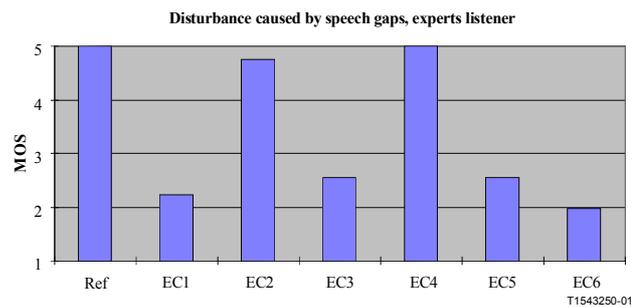
Un essai d'écoute seulement est probablement la méthode la plus sensible pour effectuer une comparaison directe d'annuleurs d'écho et pour évaluer des paramètres de transmission particuliers. En plus des essais de conversation et des essais de phonation et écoute, cette méthode d'essai a été utilisée pour l'évaluation de paramètres de transmission spécifiques comme les niveaux d'écho résiduel, la convergence initiale et la performance en parole simultanée.

Les Figures I.18 et I.19 ci-après montrent un exemple de la façon dont les résultats d'essais subjectifs ont été utilisés pour trouver des valeurs pour essais en laboratoire. La performance en parole simultanée de six annuleurs d'écho a été évaluée par un groupe de sujets non qualifiés (Figure I.18) et par un groupe d'experts (Figure I.19) pour un équivalent ERL de 24 dB, un niveau de réception de -15 dB_{m0} et un niveau de parole simultanée de -30 dB_{m0} .



T1543240-01

Figure I.18/G.168 – Résultats d'essais d'écoute seulement, sujets non qualifiés, notes MOS de performance en parole simultanée, ERL 24 dB, niveau de réception -15 dB_{m0} , niveau de parole simultanée -30 dB_{m0}



T1543250-01

Figure I.19/G.168 – Résultats d'essais d'écoute seulement, experts, notes MOS de perturbations en cours de parole simultanée dues à des coupures de parole, ERL 24 dB, niveau de réception -15 dB_{m0} , niveau de parole simultanée -30 dB_{m0}

Bien que le niveau du signal de parole simultanée soit très faible, les deux annuleurs d'écho EC2 et EC4 atteignent des valeurs MOS comparables à la référence non perturbée de la Figure I.18. Les sujets non qualifiés ont évalué le paramètre "performance en parole simultanée". Cela démontre la sensibilité des essais d'écoute seulement et indique que, même dans ces circonstances, une bonne qualité de transmission peut être attendue des annuleurs d'écho. Les quatre autres annuleurs d'écho vocal sont jugés nettement moins bien. Les évaluations du groupe d'experts concernant les perturbations causées par des coupures de parole (indiquées dans la Figure I.19) montrent le même ordre de préférence entre les annuleurs d'écho. Ce résultat est de nouveau en corrélation avec le résultat de l'essai de conversation et avec les commentaires correspondants. Cela montre que la gêne causée par les coupures de parole semble être le paramètre le plus important.

Les essais objectifs et les signaux d'essai peuvent être adaptés pour mesurer les paramètres corrélés. Les essais ont fait ressortir le fait que la dégradation d'un signal d'émission de parole simultanée est principalement déterminée par l'insertion du processeur NLP pendant la parole continue. Le paramètre corrélé est la caractéristique de commutation du processeur NLP et de sa commande pendant la parole simultanée.

I.8.5.2 Essais subjectifs en vue de qualifier les effets du processus d'annulation d'écho qui ne peuvent pas être saisis par des mesures objectives

Des essais subjectifs ont été effectués dans le but de qualifier les effets de l'annulation d'écho qui ne peuvent pas être saisis par des mesures objectives.

Les résultats des essais, évalués par des auditeurs non qualifiés et qualifiés, ont indiqué qu'une dégradation d'un signal de parole simultanée émis était due principalement à l'introduction du processeur non linéaire pendant la parole continue, dans la mesure où les annuleurs d'écho ont achevé la convergence. Dans la mesure où le signal de la source composite est utilisé dans une procédure de mesures objectives, les caractéristiques de commutation peuvent être facilement déterminées après une rafale du signal de la parole simultanée, parce que l'ensemble des composantes représente une durée qui est définie précisément pour le signal de la source composite (CSS). Des essais subjectifs ont indiqué que des caractéristiques satisfaisantes pouvaient être obtenues pour la parole simultanée, même avec des niveaux de signal de parole simultanée inférieurs de 15 dB aux niveaux du signal à l'entrée réception. Si les rafales de signaux de la source composite en parole simultanée ne sont pas complètement transmises, il est très probable que des intervalles de parole plus longs se produiront.

I.9 Directives pour l'utilisation des paramètres d'essai des annuleurs d'écho

Les essais mentionnés dans la présente Recommandation UIT-T utilisent de nombreux paramètres spécifiés sous la forme d'une plage. Afin de fournir des directives sur un ensemble de conditions d'essai qu'il convient de considérer comme conditions minimales, les valeurs suivantes sont suggérées. Il est clairement établi que ces valeurs ne constituent pas des conditions suffisantes pour assurer la conformité avec la présente Recommandation, ceci étant laissé à la discrétion des fournisseurs de télécommunications. Il convient également de noter que toutes les combinaisons possibles des paramètres indiquées ci-dessous seraient fastidieuses.

- 1) *Retard de trajet d'écho:*
 - a) Δ – dispersion de $g(k) - 4$
 - b) $\Delta/2 - 4$
 - c) $\Delta/10$

- 2) Affaiblissement d'adaptation pour l'écho:
 - a) 6 dB
 - b) 15 dB
 - c) 30 dB
- 3) Niveau d'entrée à la réception (L_{Rin}):
 - a) Niveau d'entrée maximal spécifié pour l'essai particulier
 - b) -10 dBm0
 - c) -20 dBm0
 - d) Niveau d'entrée minimal spécifié pour l'essai particulier
- 4) Etat initial du registre H:
 - a) Registre H réinitialisé
 - b) Registre H convergé vers un trajet d'écho ouvert
 - c) Registre H convergé vers une réponse d'impulsion $g(k)$.

APPENDICE II

Méthodes de mesure pour les caractéristiques des trajets d'écho et un exemple pour le réseau nord-américain

II.1 Introduction

La connaissance d'un trajet d'écho est nécessaire pour contrôler de façon efficace l'écho vocal dans les systèmes de télécommunications. Deux des principales caractéristiques d'un trajet d'écho sont le temps de dispersion et la réponse en fréquence. Le présent appendice résume les techniques de mesure utilisées pour obtenir les réponses impulsionnelles du trajet d'écho dans les réseaux de télécommunication. Il fournit également les résultats d'analyse pour les trajets d'écho mesurés dans les réseaux nord-américains.

Le présent appendice est organisé comme suit: le sous-paragraphe II.2 fournit des détails sur la procédure de mesure. Le sous-paragraphe II.3 décrit le signal d'essai. Le calcul de la réponse impulsionnelle des mesures de signal est illustré au sous-paragraphe II.4. La production des caractéristiques du trajet d'écho fait l'objet du sous-paragraphe II.5. Ce même sous-paragraphe contient également les caractéristiques des trajets d'écho mesurés en Amérique du Nord. Le sous-paragraphe II.6 conclut l'appendice.

II.2 Procédure de mesure

La Figure II.1 montre une configuration typique d'appel où $x(k)$ et $y(k)$ sont respectivement les signaux à destination et en provenance du côté annulé. En raison du défaut d'adaptation d'impédance dans le circuit différentiel qui connecte les circuits à 2 fils et les circuits à 4 fils, une partie du signal provenant du côté annulé fuit dans le circuit différentiel et revient au locuteur en formant un écho. Si l'utilisateur du côté annulé ne parle pas, $y(k)$ sera le signal d'écho. On mesure par conséquent les signaux $x(k)$ et $y(k)$ pour obtenir les caractéristiques du trajet d'écho.

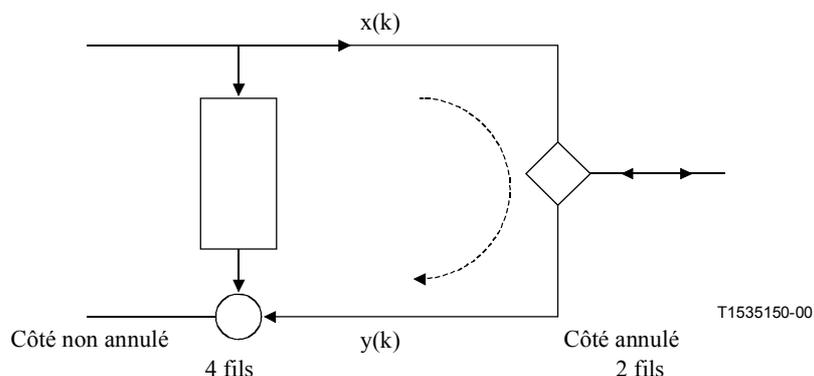


Figure II.1/G.168 – Connexion typique d'un appel

La Figure II.2 représente le schéma fonctionnel du dispositif de mesure. L'équipement de gauche génère le signal d'essai et réalise l'enregistrement du signal. L'équipement utilise une connexion à 4 fils pour envoyer et recevoir les signaux. L'accès à 4 fils de l'équipement est directement connecté à un central téléphonique (CT) via une interface T1. En dehors de la section distante entre le central téléphonique et l'utilisateur appelé, le trajet de transmission du signal est totalement à 4 fils et aucun circuit à 2 fils n'est prévu dans le dispositif.

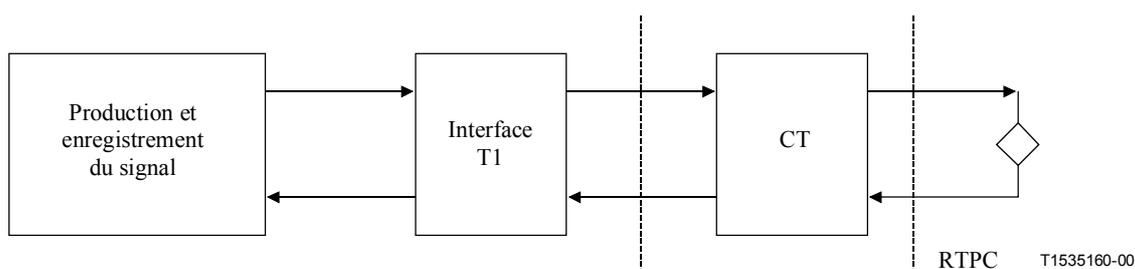


Figure II.2/G.168 – Schéma fonctionnel du dispositif de mesure

Lorsqu'une interface T1 n'est pas disponible, le signal d'essai pourrait être généré en un point à 2 fils. Il convient dans tous les cas de mesurer les signaux (transmission et réception) au point numérique à 4 fils où les signaux sont bien définis (en termes de niveau).

Pendant la mesure, l'équipement numérote tout d'abord un numéro de téléphone. Il envoie ensuite le signal d'essai une fois que l'appel a été établi. Le signal d'essai traverse l'interface T1, le CT et le RTPC pour atteindre un utilisateur distant. Une partie du signal transmis est réfléchi sous la forme d'un écho. Le signal transmis et le signal renvoyé sont tous deux enregistrés dans l'équipement à l'aide d'un enregistreur synchrone. Les deux signaux enregistrés sont les signaux R_{in} et S_{in} pour un annuleur d'écho.

II.3 Signal d'essai

Le signal d'essai utilisé dans cet exercice est indiqué à la Figure II.3. Il comprend trois segments. Le premier segment est une tonalité à 2100 Hz avec inversion de phase. Cette tonalité a pour objet de neutraliser tous les annuleurs et les supprimeurs d'écho sur la liaison pendant la mesure. La durée de la tonalité est réglée à $T_1 = 1,35$ s. L'amplitude de la tonalité est -12 dBm0. Le deuxième segment est une pause de parole. Il sert à obtenir les caractéristique du bruit de fond dans le signal d'écho renvoyé. Etant donné qu'un annuleur d'écho neutralisé par tonalité, tel que spécifié au paragraphe 7 et dans les Recommandations UIT-T G.164 et G.165, s'activera automatiquement en

250 ms ± 150 ms lorsque le niveau du signal est en dessous de -39 dBm0, la durée de la pause de parole est réglée à $T_2 = 80$ ms. Le troisième segment est un signal de bruit blanc à répartition gaussienne qui est utilisé pour identifier la réponse impulsionnelle du trajet d'écho. Le niveau de puissance du signal de bruit blanc est -18 dBm0 et sa durée est $T_3 = 5$ s.

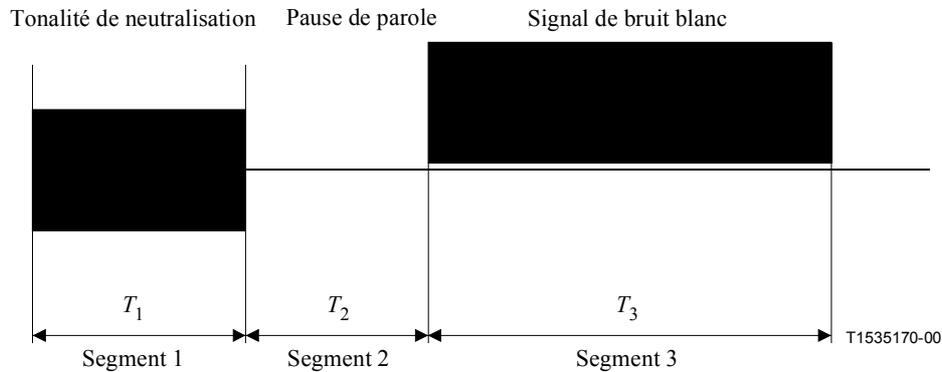


Figure II.3/G.168 – Signal d'essai pour la mesure du trajet d'écho

II.4 Calcul de la réponse impulsionnelle

$$y(n) = x(n) * h^\circ(n) + v(n) = \sum_{i=0}^{N-1} h^\circ(i)x(n-i) + v(n), n = 0, 1, 2, \dots, L-1$$

où N est la durée de la réponse impulsionnelle du trajet d'écho et L le nombre total d'échantillons de données disponibles. Définition des vecteurs

$$\mathbf{h}^\circ = [h^\circ(0), h^\circ(1), \dots, h^\circ(N-1)]^T$$

et

$$\mathbf{x}(n) = [x(n), x(n-1), \dots, x(n-N+1)]^T$$

En notation vectorielle,

$$y(n) = \mathbf{x}(n)^T \mathbf{h}^\circ + v(n), n = 0, 1, 2, \dots, L-1$$

Le problème de l'évaluation peut être défini comme suit: Soit L échantillons de $x(n)$ et $y(n)$, calculer la réponse \mathbf{h}° . Il s'agit d'un problème d'identification standard qui peut être résolu par deux méthodes habituelles. La première est la méthode des moindres carrés (LS, *least-squares method*) et l'autre une méthode itérative utilisant l'algorithme de moyenne quadratique normalisé (NLMS, *normalized least-mean square*). La première méthode fournit une bonne solution avec un enregistrement de données de courte durée. Elle nécessite toutefois plus de calculs que la seconde méthode. Dans la plupart des cas, étant donné que la durée des données L est suffisamment grande, les solutions finales fournies par les deux méthodes sont très proches et la différence est insignifiante.

Méthode LS

Définition du signal d'erreur

$$e(n) = y(n) - \mathbf{h}^T \mathbf{x}(n)$$

où \mathbf{h} est la réponse impulsionnelle du trajet d'écho estimée. La méthode LS réduit

$$J = \sum_{n=0}^{L-1} e(n)^2$$

pour déterminer \mathbf{h} . La solution correspondante peut être représentée comme étant

$$\mathbf{h} = \mathbf{R}^{-1} \mathbf{p}$$

où

$$\mathbf{R} = \sum_{n=0}^{L-1} \mathbf{x}(n)\mathbf{x}(n)^T$$

$$\mathbf{p} = \sum_{n=0}^{L-1} y(n)\mathbf{x}(n)$$

Méthode NLMS

La méthode NLMS détermine \mathbf{h} par itération en utilisant les équations suivantes:

$$e(n) = y(n) - \mathbf{h}(n)^T \mathbf{x}(n),$$

$$\mathbf{h}(n+1) = \mathbf{h}(n) + \frac{\mu}{\delta + \mathbf{x}(n)^T \mathbf{x}(n)} e(n) \mathbf{x}(n)$$

où $\mathbf{h}(n)$ représente le trajet d'écho estimé au moment n , δ est un petit nombre positif et μ une constante positive appelée taille de pas. La taille de pas doit être inférieure à 2 pour permettre la convergence.

II.5 Analyse des caractéristiques du trajet d'écho

Le présent sous-paragraphe décrit les méthodes d'analyse de réponses impulsionnelles de trajet d'écho. Les caractéristiques de trajet d'écho considérées sont la réponse d'amplitude et la largeur de dispersion des trajets d'écho. Le présent sous-paragraphe contient également les résultats des mesures de trajets d'écho effectués en Amérique du Nord.

Avant l'analyse des caractéristiques du trajet d'écho, il convient que les réponses impulsionnelles du trajet d'écho mesuré soient post-traitées par un filtre passe-bande qui couvre la même plage de fréquences que le signal de parole. La bande passante du filtre est comprise entre 200 Hz et 3600 Hz, la même plage de fréquences que celle du signal CS spécifiée au C.3.1/Annexe C.

II.5.1 Temps de dispersion

La réponse impulsionnelle du trajet d'écho n'est pas une simple impulsion. Elle possède une durée finie qui sera appelée temps de dispersion. Le temps de dispersion est un facteur permettant de déterminer la longueur du registre H d'un annuleur d'écho. Une région où se produit la réflexion de l'écho est d'abord déterminée à partir d'une mesure de réponse impulsionnelle. Il convient que la durée pour cette région soit suffisamment longue pour couvrir la totalité de la réflexion de l'écho. Dans la mesure considérée, celle-ci était fixée à 30 ms. Cela correspond à 240 échantillons à un taux d'échantillonnage de 8 kHz. La réponse impulsionnelle sur cette plage est notée $h(n)$, $n=0,1,\dots,M$, où $M=239$. Si l'on tronque $h(n)$ en conservant les réponses impulsionnelles de $n=N_1$ à N_2 , alors l'erreur quadratique due à la troncature est:

$$ERR = 1 - \frac{\sum_{n=N_1}^{N_2} h(n)^2}{\sum_{n=0}^M h(n)^2}$$

La Figure II.4 montre une troncature possible. Selon la Figure II.6, il faut obtenir la valeur la plus grande de réduction d'écho à 0 dBm0 $L_{R_{in}}$. Avec 6 dB ERL, cela se traduit par $30 - 6 = 24$ dB ERLE fournis par un annuleur d'écho. Il en résulte que le temps de dispersion est considéré comme la longueur la plus courte $N_2 - N_1 + 1$ de telle sorte que ERR soit inférieur à -24 dB.

On remarquera que la méthode suggérée ici pour calculer le temps de dispersion constitue le scénario le plus défavorable. On suppose en effet un ERL de 6 dB pour calculer le seuil ERR . En pratique, l'ERL est plus grand. Le temps de dispersion est plus court lorsque l'ERL augmente.

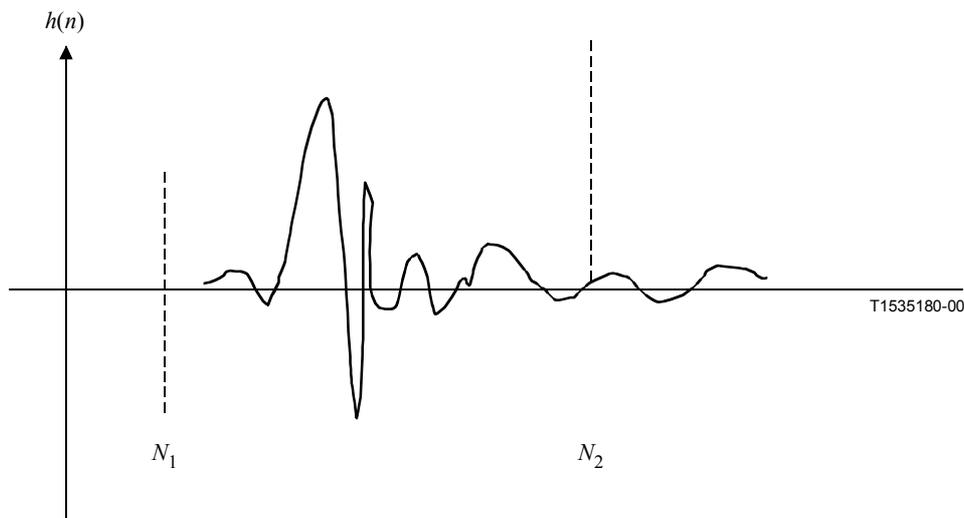


Figure II.4/G.168 – Troncature du trajet d'écho pour l'évaluation du temps de dispersion

II.5.2 Réponse d'amplitude du trajet d'écho

Alors que les réponses impulsionnelles des trajets d'écho peuvent être tout à fait différentes en forme, on s'attend à ce que les caractéristiques du domaine de fréquences des trajets d'écho aient une certaine similarité. Les caractéristiques de réponse d'amplitude du trajet d'écho peuvent être produites en prenant la moyenne de l'amplitude de la transformée de Fourier de chaque mesure de trajet d'écho.

II.5.3 Caractéristiques du trajet d'écho à partir de mesures réalisées en Amérique du Nord

Entre juin 1998 et avril 1999, 101 appels longues distances ont été passés depuis Montréal vers les provinces et états suivants situés dans toute l'Amérique du Nord: Arizona, Colombie britannique, Californie, Louisiane, Manitoba, Massachusetts, Michigan, Minnesota, Missouri, Nevada, New York, Caroline du Nord, Ontario, Québec, Saskatchewan, Texas et Wisconsin. Les signaux émis et renvoyés ont été enregistrés pour chaque appel et les réponses impulsionnelles des trajets d'écho ont été calculées en utilisant la méthode décrite au II.4. Le présent sous-paragraphe rapporte les caractéristiques de trajet d'écho produits par les mesures de trajet d'écho mentionnées ci-dessus.

II.5.4.1 Temps de dispersion

La Figure II.5 représente l'histogramme du temps de dispersion de trajet d'écho. Le pourcentage le plus important du temps de dispersion se situait entre 5-7 ms. Seuls deux appels ont eu un temps de dispersion entre 11 et 12 ms. Aucun appel n'a eu un temps de dispersion supérieur à 12 ms.

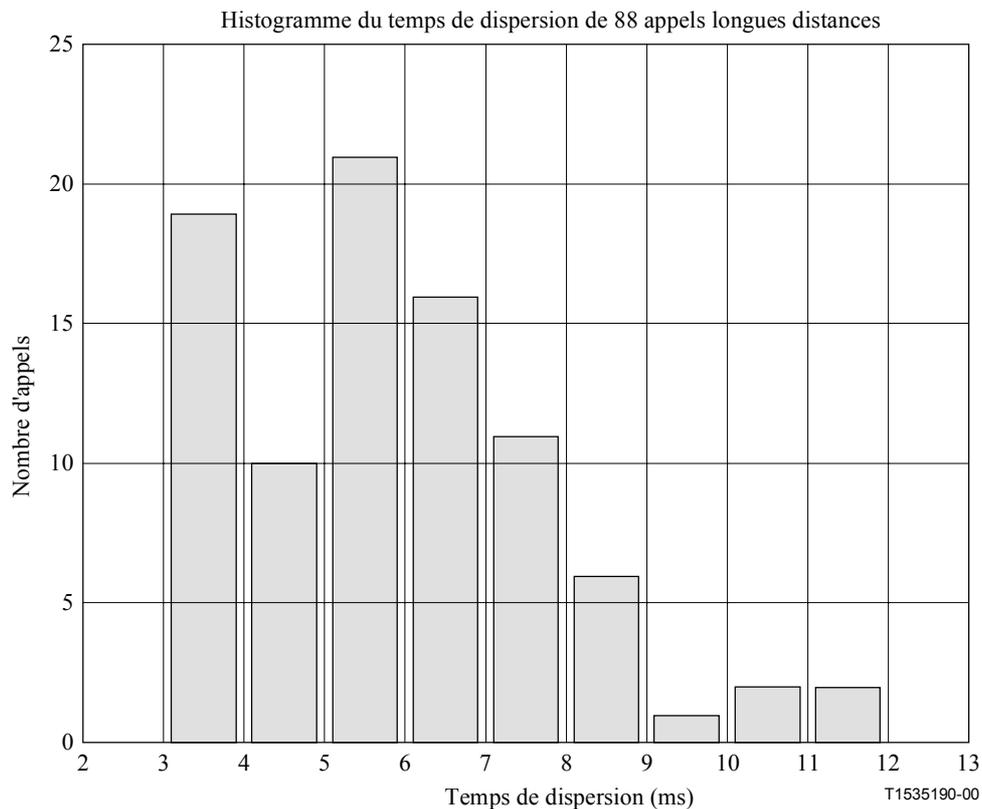


Figure II.5/G.168 – Histogramme du temps de dispersion pour les appels longue distance
Moyenne = 6,02 ms, StD = 2,26 ms

II.5.4.2 Réponse d'amplitude du trajet d'écho

La Figure II.6 est la moyenne du spectre d'amplitude des réponses impulsionnelles de trajets d'écho mesurés. Les réponses impulsionnelles ont été normalisées pour avoir une énergie unité avant le calcul du spectre. La ligne pleine représente la moyenne et les deux lignes en pointillés représentent la seule région de déviation standard. Il apparaît que la différence de spectre d'amplitude n'est pas importante. Cela indique que les réponses d'amplitude des trajets d'écho sont fortement cohérents. Le spectre d'amplitude moyenné présente une petite crête autour de 250 Hz. De plus, les réponses d'amplitude sont relativement plates.

Les résultats sont cohérents avec l'étude de l'article "*Echo Performance of Toll Telephone Connections in the United States*", par F. P. Duffy, G. K. McNeese, I. Nasell, et T. W. Thatcher, Jr., publié dans *Bell System Technical Journal*, 1974.

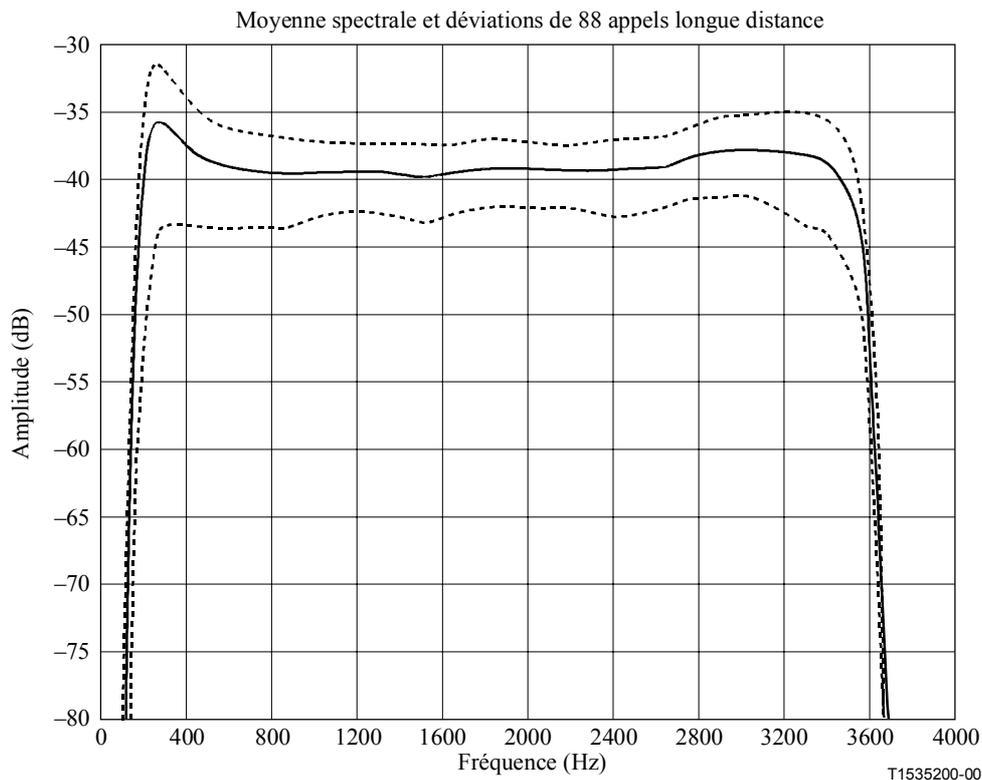


Figure II.6/G.168 – Spectre d'amplitude de trajets d'écho pour des appels longue distance, trajets d'écho normalisés pour avoir une énergie unité

II.5.4.3 Réflexions multiples

Six réflexions doubles ont été observées sur les 101 appels longue distance. Toutefois, les temps totaux de dispersion de ces réflexions doubles étaient tous limités à 10 ms. En d'autres termes, les deux réflecteurs dans chacun des cas étaient situés à proximité l'un de l'autre.

Le nombre de réflexions n'a pas été supérieur à deux dans les mesures.

II.6 Conclusions

Le présent appendice résume les procédures de mesure et de calcul de la réponse impulsionnelle de trajet d'écho ainsi que ses caractéristiques. Il comprend également les résultats de plusieurs trajets d'écho mesurés en Amérique du Nord. Ces résultats peuvent servir de référence pour concevoir un trajet d'écho pour les essais d'annuleurs d'écho dans la présente Recommandation UIT-T. De façon spécifique, les propriétés importantes suivantes des trajets d'écho sont observées:

- le temps de dispersion d'un trajet d'écho est inférieur à 12 ms;
- la réponse d'amplitude d'un trajet d'écho est relativement plate, avec une petite crête autour de 250 Hz;
- dans certains cas, des réflexions doubles peuvent se produire. Il est toutefois rare d'avoir trois réflexions ou plus.

Circuits à destinations multiples

Dans les réseaux modernes, il peut arriver qu'une communication entre deux correspondants soit modifiée après l'établissement initial de l'appel, de façon qu'un correspondant (ou plusieurs correspondants) puisse (puissent) participer à la conversation, comme décrit sur la Figure III.1.

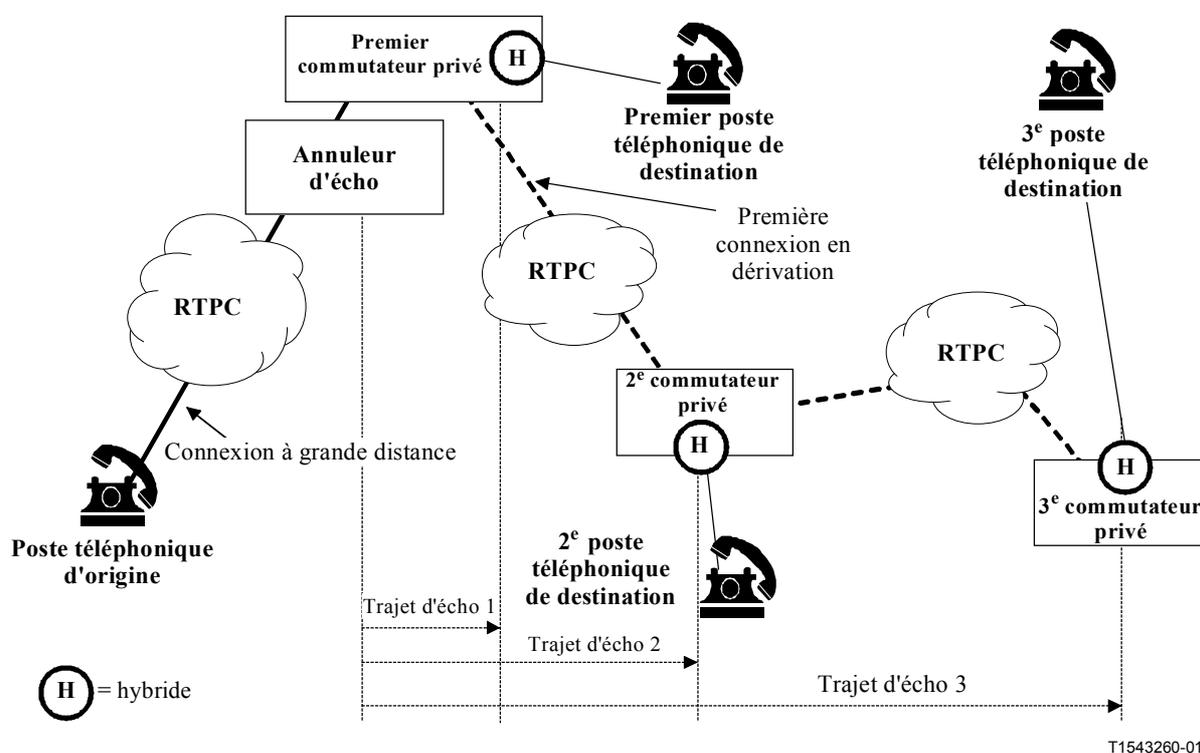


Figure III.1/G.168 – Destinations multiples dans une communication téléphonique en dérivation

Dans la Figure III.1 ci-dessus, le poste téléphonique d'origine envoie un appel vers le premier poste téléphonique de destination. L'annuleur d'écho perçoit l'hybride associé au premier commutateur privé, illustré par le trajet d'écho 1. Le destinataire situé au premier commutateur privé opère une dérivation vers un 2^e poste de destination en utilisant la fonction de dérivation qui existe dans tout commutateur privé moderne. L'annuleur d'écho perçoit alors le deuxième hybride, qui s'ajoute au premier et qui est retardé par le temps de propagation dans le réseau entre les commutateurs privés 1 et 2. C'est ce qui est représenté par le trajet d'écho 2. La deuxième destination peut parfaitement être dérivée vers une troisième destination, ce qui ajoute une autre destination hybride correspondant au 3^e commutateur privé et retardée par la somme du temps dans le réseau entre les commutateurs 1 et 2 ainsi qu'entre les commutateurs 2 et 3. C'est ce qui est représenté par le trajet d'écho 3.

Les commutateurs privés peuvent ne pas intégrer d'annuleurs d'écho bien qu'ils remplissent cette fonction de dérivation. Il faut alors que l'annuleur d'écho du réseau ait la capacité de prendre en charge de multiples destinations, dans la limite du nombre de trajets d'écho pris en charge par cet annuleur.

Les exploitants et administrateurs de réseau devront tenir compte de ce qui précède lors des essais d'annuleurs d'écho à insérer dans leurs réseaux.

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