



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

**UIT-T**

SECTEUR DE LA NORMALISATION  
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
DE L'UIT

**G.168**

(06/2002)

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

---

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
<b>Dispositifs associés aux circuits téléphoniques à grande distance</b>	<b>G.160–G.169</b>
Aspects liés au plan de transmission dans les connexions et circuits spéciaux utilisant le réseau de communication téléphonique international	G.170–G.179
Protection et rétablissement des systèmes de transmission	G.180–G.189
Outils logiciels pour systèmes de transmission	G.190–G.199
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES COMMUNES À TOUS LES SYSTÈMES ANALOGIQUES À COURANTS PORTEURS	G.200–G.299
CARACTÉRISTIQUES INDIVIDUELLES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX À COURANTS PORTEURS SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.300–G.399
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX HERTZIENS OU À SATELLITES ET INTERCONNEXION AVEC LES SYSTÈMES SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.400–G.449
COORDINATION DE LA RADIOTÉLÉPHONIE ET DE LA TÉLÉPHONIE SUR LIGNES	G.450–G.499
EQUIPEMENTS DE TEST	G.500–G.599
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.600–G.699
EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	G.700–G.799
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.800–G.899
SECTIONS NUMÉRIQUES ET SYSTÈMES DE LIGNES NUMÉRIQUES	G.900–G.999
QUALITÉ DE SERVICE ET DE TRANSMISSION	G.1000–G.1999
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.6000–G.6999
EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	G.7000–G.7999
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.8000–G.8999

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

# **Recommandation UIT-T G.168**

## **Annuleurs d'écho pour les réseaux numériques**

### **Résumé**

L'écho exerce une grande influence sur la qualité de la voix dans les réseaux de télécommunication. Son effet désagréable est dû aux réflexions par les composants de réseau tels que les convertisseurs de deux à quatre fils, qui s'ajoutent au traitement du signal et au temps de transmission. L'écho peut rendre difficile la parole ou l'écoute des usagers en communication téléphonique. Il peut aussi affecter la transmission des données, de la télécopie et de la textophonie dans la bande des fréquences vocales.

Les annuleurs d'écho de réseau numérique sont conçus pour supprimer l'écho perçu par l'utilisateur et pour assurer une transmission correcte des données et de la télécopie dans la bande des fréquences vocales. La présente Recommandation décrit les caractéristiques d'un annuleur d'écho, y compris les spécifications relatives à l'annulation par tonalité dans la bande et à d'autres mécanismes de commande. Elle décrit aussi un certain nombre d'essais en laboratoire que l'annuleur d'écho devrait subir afin que soit évaluée sa performance dans des conditions susceptibles de se produire dans le réseau.

La présente version de la Rec. UIT-T G.168 est une révision de la version publiée précédemment en avril 2000. Nombre des essais ont été mis à jour et améliorés. Un essai de décalage de la modulation par impulsions et codage (MIC) a été ajouté. L'Annexe A a été supprimée et déplacée vers le § 7. L'Annexe D a fait l'objet d'une révision et un nouveau modèle de trajet d'écho à double réflexion a été ajouté. L'Appendice I a été raccourci, les aspects concernant la planification et l'interaction des annuleurs d'écho ayant été transférés vers d'autres Recommandations de l'UIT-T. L'Appendice II a aussi été mis à jour au moyen de quelques exemples des caractéristiques européennes des trajets d'écho.

### **Source**

La Recommandation G.168 de l'UIT-T, révisée par la Commission d'études 15 (2001-2004) de l'UIT-T, a été approuvée le 13 juin 2002 selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

## AVANT-PROPOS

L'UIT (Union internationale des télécommunications) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications. L'UIT-T (Secteur de la normalisation des télécommunications) est un organe permanent de l'UIT. Il est chargé de l'étude des questions techniques, d'exploitation et de tarification, et émet à ce sujet des Recommandations en vue de la normalisation des télécommunications à l'échelle mondiale.

L'Assemblée mondiale de normalisation des télécommunications (AMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'étude à traiter par les Commissions d'études de l'UIT-T, lesquelles élaborent en retour des Recommandations sur ces thèmes.

L'approbation des Recommandations par les Membres de l'UIT-T s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

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

## NOTE

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

## DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

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

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT 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 2003

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

## TABLE DES MATIÈRES

		Page
1	Domaine d'application .....	1
2	Références normatives.....	2
3	Termes et définitions .....	4
4	Abréviations.....	9
5	Signaux d'essai.....	10
6	Caractéristiques des annuleurs d'écho .....	10
6.1	Généralités.....	10
6.2	Objet, fonctionnement et environnement .....	11
6.3	Activation/annulation de l'extérieur .....	12
6.4	Essais et spécifications applicables aux caractéristiques de fonctionnement quand des signaux d'entrée sont appliqués aux trajets d'émission et de réception.....	12
6.4.1	Caractéristiques de fonctionnement lors de la transmission.....	12
6.4.2	Caractéristiques de fonctionnement de l'annuleur d'écho.....	15
7	Caractéristiques d'un dispositif d'annulation par tonalité d'annuleur d'écho .....	44
7.1	Généralités.....	44
7.2	Caractéristiques du dispositif d'annulation.....	45
7.2.1	Détection d'inversion de phase .....	46
7.3	Caractéristiques de la bande de garde .....	46
7.3.1	Tolérance de bruit.....	47
7.4	Caractéristiques de la bande de maintien .....	47
7.5	Temps de réaction.....	48
7.6	Fausses détections dues à des courants vocaux.....	48
7.7	Fausses détections dues à des signaux de données.....	48
7.8	Temps de libération .....	48
7.9	Autres considérations .....	49
8	Processeurs non linéaires utilisés dans les annuleurs d'écho .....	49
8.1	Domaine d'application.....	49
8.2	Principes généraux et directives .....	49
8.2.1	Fonctions .....	49
8.2.2	Seuil de suppression .....	50
8.2.3	Contrôle d'activation du processeur non linéaire .....	51
8.2.4	Limites en fréquence des voies de commande .....	52
8.2.5	Affaiblissement des signaux en dessous du niveau du seuil .....	52
8.2.6	Essai du processeur non linéaire.....	52

Annexe A – Description d'un dispositif de neutralisation de référence par tonalité de l'annuleur d'écho .....	53
Annexe B – Description d'un processeur non linéaire de référence .....	53
B.1 Généralités .....	53
B.2 Seuil de suppression ( $T_{SUP}$ ) .....	54
B.3 Caractéristiques statiques du contrôle d'activation .....	54
B.4 Caractéristiques dynamiques du contrôle d'activation .....	54
B.5 Limites de fréquence des voies de commande .....	56
B.6 Essais .....	56
Annexe C – Signaux de source composite pour les essais des annuleurs d'écho de parole – Signaux, description et analyse.....	57
C.1 Introduction .....	57
C.2 Signal de source composite – Considérations générales .....	57
C.2.1 Description générale des différentes séquences .....	57
C.2.2 Calcul et analyse utilisant des signaux de source composite .....	58
C.3 Signal CSS à bande limitée avec densité spectrale de puissance similaire à celle de la parole – Réalisation pratique pour les mesures des annuleurs d'écho .....	59
C.3.1 Signal CSS pour le monologue.....	59
C.3.2 Signal CSS de bande limitée pour la simulation de conversation simultanée.....	62
C.4 Méthodes d'évaluation des caractéristiques de convergence des annuleurs d'écho de parole en utilisant le signal CSS .....	66
C.4.1 Evaluation dans le domaine fréquentiel .....	66
C.4.2 Evaluation dans le domaine temporel.....	67
C.4.3 Calculs de niveau selon le niveau de parole active de P.56 .....	67
Annexe D – Modèles de trajet d'écho pour les essais des annuleurs d'écho .....	68
D.1 Introduction .....	68
D.1.1 Entrée par signal CSS ou un bruit blanc en entrée .....	68
D.1.2 Entrée de tonalité(s).....	69
D.2 Modèles de trajet d'écho produits par un simulateur de coupleur différentiel de réseau .....	69
D.3 Modèles de trajet d'écho mesurés sur des réseaux téléphoniques en Amérique du Nord .....	74
D.4 Modèles de trajet d'écho mesurés sur des réseaux téléphoniques en Europe.....	78
Appendice I – Guide d'application des annuleurs d'écho.....	79
I.1 Domaine d'application .....	79
I.2 Réduction d'écho dans le RTPC .....	79

	<b>Page</b>	
I.2.1	Suppresseurs d'écho.....	79
I.2.2	Annuleurs d'écho .....	80
I.2.3	Responsabilités des constructeurs de modems et des utilisateurs finals .....	80
I.3	Règles d'application et contraintes de fonctionnement .....	81
I.4	Effet des annuleurs sur les services de voix et de données .....	81
I.5	Parole à signaux de haut niveau .....	82
I.5.1	Introduction .....	82
I.5.2	Détection de la conversation simultanée et détection d'activité .....	82
I.5.3	Effet des codeurs à bas 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 .....	82
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	Vitesse de convergence .....	83
I.6.3	Réduction d'écho acoustique et conditions d'environnement.....	83
I.6.4	Bruit de confort.....	85
I.7	Aspects concernant les caractéristiques de fonctionnement des annuleurs d'écho en condition de conversation simultanée .....	85
I.7.1	Introduction .....	85
I.7.2	Paramètres de conversation simultanée.....	86
I.7.3	Analyse des paramètres techniques ayant une influence sur les caractéristiques de fonctionnement en conditions de conversation simultanée.....	86
I.7.4	Essais 3A et 3B en conversation simultanée sans neutraliser l'adaptation.....	87
I.7.5	Essais subjectifs.....	89
I.8	Directives pour l'utilisation des paramètres d'essai des annuleurs d'écho.....	97
I.9	Bibliographie .....	97
Appendice II – Méthodes de mesure des caractéristiques des trajets d'écho.....		98
II.1	Introduction .....	98
II.2	Procédure de mesurage.....	98
II.2.1	Montage de mesure.....	99
II.2.2	Calcul de la réponse en impulsion du trajet d'écho .....	100
II.3	Analyse des caractéristiques du trajet d'écho .....	102
II.3.1	Temps de dispersion .....	102
II.3.2	Réponse en amplitude du trajet d'écho .....	103
II.4	Exemples de mesures de trajet d'écho obtenues sur des réseaux réels.....	103
II.4.1	Caractéristiques du trajet d'écho à partir de mesures obtenues sur des réseaux réels .....	103
II.4.2	Caractéristiques extraites de mesures obtenues en Europe .....	105
II.5	Conclusions .....	108

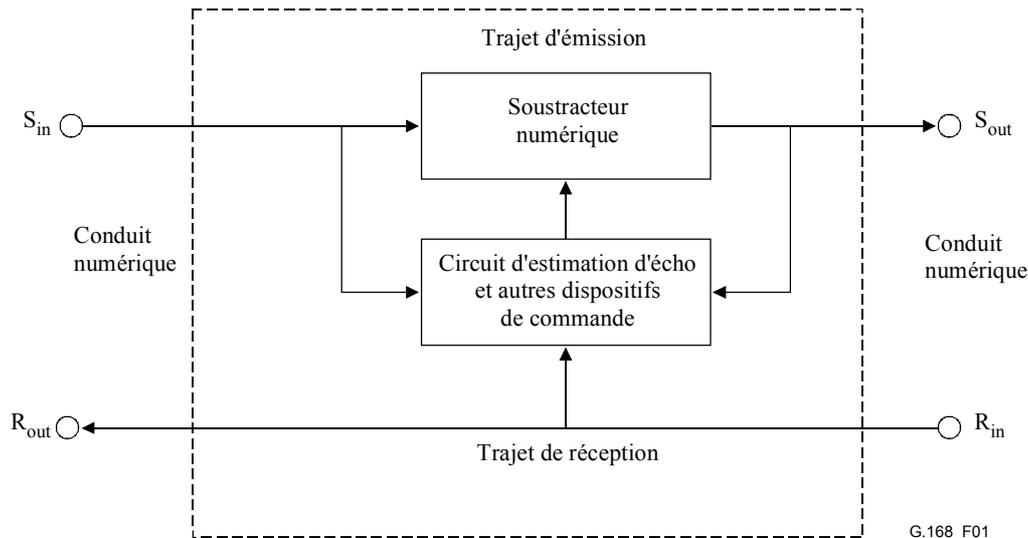
	<b>Page</b>
II.6 Bibliographie .....	108
Appendice III – Circuits à destinations multiples .....	109

# Recommandation UIT-T G.168

## Annuleurs d'écho pour les réseaux numériques

### 1 Domaine d'application

Les annuleurs d'écho sont des dispositifs commandés par la voix et disposés dans la partie à quatre fils d'un circuit (qui peut être un trajet de circuit individuel ou un conduit de transmission d'un signal multiplexé). Ils servent à réduire l'écho en soustrayant un écho estimé de celui du circuit. (voir la Figure 1).



**Figure 1/G.168 – Annuleur d'écho 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 respectivement aux débits primaires de 1544 kbit/s ou de 2048 kbit/s de la hiérarchie numérique.

La présente Recommandation est applicable à la conception d'annuleurs d'écho utilisant des techniques numériques et destinés à être utilisés dans des circuits dont le retard dépasse les limites spécifiées dans les Recommandations UIT-T G.114 et G.131. Il est nécessaire que tous les limiteurs d'écho utilisés sur les connexions internationales soient compatibles entre eux, avec les annuleurs d'écho conçus selon la Rec. UIT-T G.165 et avec les supprimeurs d'écho conçus selon la Rec. UIT-T G.164. La compatibilité est définie comme suit:

si l'on considère:

- 1) un type particulier de limiteur d'écho (type I) conçu de façon à garantir une performance satisfaisante lorsqu'une connexion pratique est équipée de deux dispositifs de ce type;
- 2) un autre type particulier de limiteur d'écho (type II) conçu de façon similaire.

Le type II est dit compatible avec le type I s'il est possible de remplacer un limiteur d'écho d'un type par un dispositif de l'autre type sans entraîner de dégradation de la qualité de la connexion jusqu'à un niveau non satisfaisant. En ce sens, la compatibilité n'implique pas que le même appareillage ou les mêmes méthodes d'essai soient nécessairement utilisés pour contrôler des limiteurs d'écho de type I et de type II.

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

La présente Recommandation ne s'applique pas à l'annulation d'écho des coupleurs différentiels à deux fils/quatre fils ou des répéteurs à deux fils. La présente Recommandation de l'UIT-T ne s'applique pas non plus à l'annulation d'écho acoustique telle qu'elle est spécifiée dans la Rec. UIT-T P.340.

La présente Recommandation 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 est difficile à spécifier. Le paragraphe I.7.5 donne certaines indications sur la manière dont les résultats d'essai subjectif ont été utilisés pour mettre au point des essais objectifs. La Rec. UIT-T P.851 décrit des méthodes et des modes opératoires permettant d'évaluer subjectivement la performance des annuleurs d'écho dans les réseaux. De ce fait, bien que la présente Recommandation 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.

## 2 Références normatives

La présente Recommandation de l'UIT-T se réfère à certaines dispositions des Recommandations UIT-T et textes suivants, qui de ce fait, en sont partie intégrante. Les versions indiquées étaient en vigueur au moment de la publication de la présente Recommandation. Toute Recommandation ou tout texte étant sujet à révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à se reporter, si possible, aux versions les plus récentes des références normatives suivantes. La liste des Recommandations de l'UIT-T en vigueur est régulièrement publiée. La référence à un document figurant dans la présente Recommandation ne donne pas à ce document en tant que tel le statut d'une Recommandation.

- Recommandation UIT-T G.114 (2000), *Temps de transmission dans un sens.*
- 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.*
- Recommandation UIT-T G.131 (1996), *Réduction de l'écho pour le locuteur.*
- Recommandation UIT-T G.161 (2002), *Interaction des équipements de réseaux de traitement des signaux.*
- Recommandation UIT-T G.164 (1988), *Suppresseurs d'écho.*
- Recommandation UIT-T G.165 (1993), *Annuleurs d'écho.*
- Recommandation UIT-T G.223 (1988), *Hypothèses pour le calcul du bruit sur les circuits fictifs de référence pour la téléphonie.*

- Recommandation UIT-T G.229 (1988), *Modulation non désirée et gigue de phase.*
- Recommandation UIT-T G.711 (1988), *Modulation par impulsions et codage (MIC) des fréquences vocales.*
- Recommandation UIT-T G.712 (2001), *Caractéristiques de qualité de transmission des canaux MIC.*
- Recommandation UIT-T G.726 (1990), *Modulation par impulsions et codage différentiel adaptatif (MICDA) à 40, 32, 24, 16 kbit/s.*
- Recommandation UIT-T H.51 (1988), *Niveaux de puissance pour la transmission de données sur des circuits téléphoniques.*
- Recommandation UIT-T M.1050 (1998), *Réglage d'un circuit international point à point loué avec présentation analogique à l'utilisateur.*
- Recommandation UIT-T P.50 (1999), *Voix artificielle.*
- Recommandation UIT-T P.56 (1993), *Mesure objective du niveau vocal actif.*
- Recommandation UIT-T P.310 (2000), *Caractéristiques de transmission pour téléphones numériques à bande téléphonique (300-3400 Hz).*
- Recommandation UIT-T P.340 (2000), *Caractéristiques de transmission et paramètres de qualité vocale des terminaux mains-libres.*
- Recommandation UIT-T P.341 (1998), *Caractéristiques de transmission des postes téléphoniques numériques mains-libres à bande élargie (150-7000 Hz).*
- Recommandation UIT-T P.342 (2000), *Caractéristiques de transmission des terminaux téléphoniques numériques mains-libres à haut-parleur fonctionnant en bande téléphonique (300-3400 Hz).*
- Recommandation UIT-T P.501 (2000), *Signaux d'essai à utiliser en téléphonométrie.*
- Recommandation UIT-T P.800 (1996), *Méthodes d'évaluation subjective de la qualité de transmission.*
- Recommandation UIT-T P.831 (1998), *Evaluation subjective de la qualité de fonctionnement des annuleurs d'écho de réseau.*
- Recommandation UIT-T Q.141 (1993), *Spécifications du système de signalisation n° 5 – Code des signaux de ligne.*
- Recommandation UIT-T Q.143 (1988), *Spécifications du système de signalisation n° 5 – Emetteur de signaux de ligne.*
- Recommandation UIT-T Q.144 (1993), *Spécifications du système de signalisation n° 5 – Récepteur de signaux de ligne.*
- Recommandation UIT-T Q.271 (1988), *Spécifications du système de signalisation n° 6 – Essais de continuité de la voie de conversation: considérations générales.*
- Recommandation UIT-T Q.552 (2001), *Caractéristiques de transmission aux interfaces analogiques 2 fils d'un commutateur numérique.*
- Recommandation UIT-T Q.724 (1988), *Spécifications du système de signalisation n° 7 – Procédures de signalisation du sous-système utilisateur de téléphonie.*
- Recommandation UIT-T T.24 (1998), *Série normalisée de mires numérisées.*

- Recommandation UIT-T T.30 (1999), *Procédures pour la transmission de documents par télécopie sur le réseau téléphonique général commuté.*
- Recommandation UIT-T V.2 (1988), *Niveaux de puissance pour la transmission de données sur des circuits téléphoniques.*
- Recommandation UIT-T V.8 (2000), *Procédure de démarrage des sessions de transmission de données sur le réseau téléphonique public commuté.*
- Recommandation UIT-T V.18 (2000), *Caractéristiques d'exploitation et d'interfonctionnement des ETCD fonctionnant en mode textophone.*
- Recommandation UIT-T V.21 (1988), *Modem à 300 bit/s duplex normalisé pour usage sur le réseau téléphonique général avec commutation.*
- Recommandation UIT-T V.23 (1988), *Modem à 600/1200 bauds normalisé pour usage sur le réseau téléphonique général avec commutation.*
- 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.*
- Recommandation UIT-T 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.*
- Recommandation UIT-T V.27 ter (1988), *Modem normalisé à 4800/2400 bit/s destiné au réseau téléphonique général avec commutation.*
- Recommandation UIT-T V.29 (1988), *Modem à 9600 bit/s normalisé pour usage sur circuits loués à quatre fils poste à poste, de type téléphonique.*
- 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.*
- 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.*
- Publication de la CEI 60651 (2001), *Sonomètres.*

### **3 Termes et définitions**

Dans la définition et le texte,  $L$  fait référence au niveau de puissance relative d'un signal exprimé en dBm<sub>0</sub> (tel qu'il a été défini dans la Rec. UIT-T G.711) et  $A$  fait référence à l'affaiblissement d'un trajet d'écho exprimé en décibels. Ces définitions supposent qu'aucune non-linéarité n'existe sur le trajet d'écho et que le signal à l'accès  $S_m$  est un écho pur. On admet que des non-linéarités peuvent être présentes dans un réseau.

La présente Recommandation définit les termes suivants:

### 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 coupleur 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 coupleur différentiel et le poste téléphonique situé en fin de ligne) qui sont inclus sur le trajet d'écho. Dans les versions précédentes de la Rec. UIT-T G.168, ce côté était défini comme étant le côté annulé.

### 3.3 affaiblissement combiné ( $A_{COM}$ )

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

*S: atenuación combinada ( $A_{COM}$ )*

Somme de l'affaiblissement d'adaptation pour l'écho, de l'amélioration de l'affaiblissement d'adaptation pour l'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*

Echos électriques et échos acoustiques provoqués par la réflexion des signaux dans les coupleurs 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 l'estimateur d'écho pour obtenir l'estimation de l'écho du circuit.

### 3.7 temps de convergence

*E:* convergence time

*S:* tiempo de convergencia

Intervalle, pour un trajet d'écho donné, 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 en impulsion estimée du trajet d'écho étant initialement mise à zéro et l'instant où le niveau de l'écho renvoyé à l'accès de sortie du côté émission atteint un niveau défini.

### 3.8 conversation simultanée

*E:* double-talk

*S:* habla simultánea

Application simultanée de signaux aux points  $R_{in}$  et  $S_{gen}$ .

### 3.9 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 du côté annulé l'écho présent sur le trajet d'émission en soustrayant de l'écho du côté annulé une estimation de cet écho (voir Figure 2).

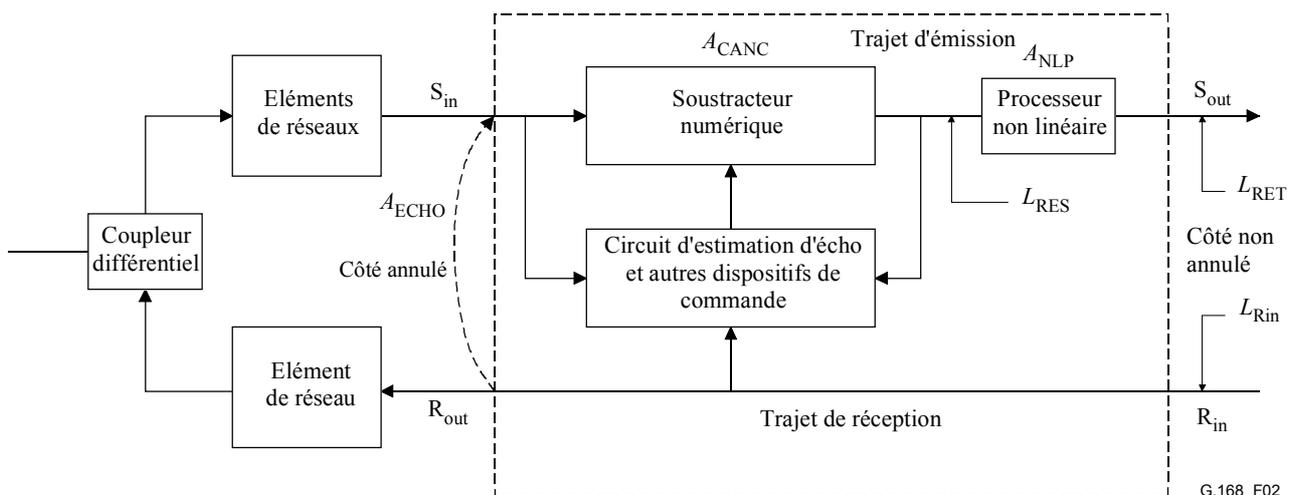


Figure 2/G.168 – Répartition des niveaux et des affaiblissements d'un annuleur d'écho

### 3.10 trajet d'écho

*E:* echo path

*S:* trayecto del eco

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.

### 3.11 capacité en trajet d'écho ( $\Delta$ )

*E:* echo path capacity ( $\Delta$ )

*S:* capacidad del trayecto del eco ( $\Delta$ )

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

### 3.12 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 sera inclus. Le temps de dispersion, qui varie selon les différents réseaux, doit contenir les effets de limitation de bande, de même que les effets transitoires du coupleur différentiel (voir Figure 3).

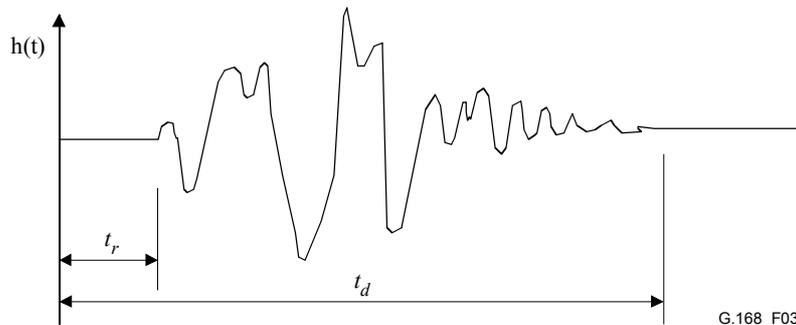


Figure 3/G.168 – Exemple de réponse en impulsion d'un trajet d'écho

### 3.13 affaiblissement d'adaptation pour l'écho (ERL) ( $A_{ECHO}$ )

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

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

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 coupleur 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 au § 2.2/G.122 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.

### 3.14 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) ( $A_{CANC}$ )

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.

### 3.15 écho électrique

*E:* electric echo

*S:* eco eléctrico

Signaux réfléchis provoqués par un défaut d'adaptation d'impédance du côté annulé, par exemple dans un convertisseur deux fils/quatre fils (coupleur différentiel).

### 3.16 registre H

*E:* H register

*S:* registro H

Registre situé dans l'annuleur d'écho qui contient le modèle de réponse en impulsion du trajet d'écho.

### 3.17 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.

### 3.18 côté non annulé

*E:* non-cancelled end

*S:* extremo no compensado

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

### 3.19 processeur non linéaire (NLP)

*E:* non-linear processor (NLP)

*S:* procesador no lineal (NLP)

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

- a) les signaux ayant un niveau détecté comme étant inférieur au seuil sont bloqués;
- b) les 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 inférieurs à un seuil défini sont ramenés à une valeur minimale donnée.

### 3.20 affaiblissement de traitement non linéaire ( $A_{NLP}$ )

*E:* non-linear 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 décibels. Cependant, l'utilisation appropriée de l'affaiblissement  $A_{NLP}$  est utile à des fins d'étude et d'illustration du fonctionnement de l'annuleur d'écho.

### 3.21 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 annulé, ne comprenant pas le temps de dispersion dû aux éléments de réseau. Dans un tel cas, le temps de traversée du coupleur différentiel est supposé égal à zéro (voir Figure 3).

### 3.22 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.

### 3.23 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  $L_{RES} = L_{RET}$ .

### 3.24 trajet d'écho ouvert

*E:* open echo path  
*S:* trayecto de eco abierto

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

NOTE – Dans les essais où un trajet d'écho ouvert est utilisé, il importe d'interrompre le trajet à un endroit spécifique, qui est indiqué dans chaque essai individuel.

## 4 Abréviations

La présente Recommandation 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 numéroté ( <i>calling tone</i> )
CPE	équipement des locaux clients ( <i>customer premises equipment</i> )
CSI	identification de l'abonné ( <i>called subscriber identification</i> )
CSS	signal source composite ( <i>composite source signal</i> )

DCME	équipement de multiplication de circuits numériques ( <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 conversation simultanée ( <i>double talk detection threshold</i> )
FAX	télécopie
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
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 utilisent des signaux particuliers tels que le bruit, les tonalités, les signaux de télécopie de Groupe 3 et un sous-ensemble de signaux de source composite (CSS, *composite source signal*) comprenant des signaux de source composite à bande limitée ayant une densité spectrale similaire à celle de la parole (signal de bruit pseudo-aléatoire produit en utilisant la transformée de Fourier rapide à 8192 points), de même que des signaux de source composite à bande limitée pour la conversation simultanée (voir l'Annexe C et la Rec. UIT-T P.501). Les signaux de 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 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 (essai facultatif), ainsi que celles des non-linéarités sur le trajet d'écho qui sont susceptibles de se produire avec un codage à bas débit sur le trajet d'écho (essai facultatif).

## 6 Caractéristiques des annuleurs d'écho

### 6.1 Généralités

La présente Recommandation s'applique à la conception des annuleurs d'écho. On admet que ceux-ci sont des "demi-annuleurs" d'écho, c'est-à-dire dans lesquels l'annulation se produit uniquement sur le trajet d'émission en raison des signaux qui sont présents sur le trajet de réception. Un annuleur d'écho complet peut se composer de deux demi-annuleurs d'écho orientés en sens opposés.

## 6.2 Objet, fonctionnement et environnement

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

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

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 en bande vocale à faible vitesse (< 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 fera 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 (conversation 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 le signal du côté émission au point 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 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, cet annuleur 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. De même, si un annuleur d'écho conforme à la présente Recommandation 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, cet annuleur n'altérera pas la signalisation de ligne asservie en continu pour autant qu'il satisfasse à l'essai facultatif n° 8.

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 Rec. UIT-T Q.271 relative au système de signalisation n° 6 de l'UIT-T et la Rec. UIT-T Q.724 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/annulation de l'extérieur

Certains annuleurs d'écho numériques peuvent être neutralisés directement par un signal numérique (par exemple, voir la Rec. UIT-T Q.55). Il convient que ces annuleurs d'écho assurent 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  $\mu$  -si intégrée- est également invalidée).

### 6.4 Essais et spécifications applicables 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 caractéristiques de fonctionnement s'appliquent, sauf indication contraire, lorsque des signaux établis sont appliqués séparément aux trajets d'émission et de réception.

Un annuleur d'écho de réseau numérique inséré entre des codecs dans un conduit de transmission numérique répondant aux caractéristiques de fonctionnement de la Rec. UIT-T G.712 ne doit pas altérer la performance au point que les exigences de la Rec. UIT-T G.712 soient violées.

Les exigences appropriées de qualité de la transmission indiquées ci-dessous sont également applicables.

##### 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  $\mu$ s sur le trajet de réception.

##### 6.4.1.2 Niveaux de mesure à l'entrée

Aux fins des essais, la méthode définie pour mesurer le niveau d'entrée des signaux de source composite est de type quadratique. Sauf indication contraire spécifiée dans un essai, une méthode quadratique doit également être utilisée pour mesurer les niveaux de sortie au point  $S_{out}$ . D'autres méthodes donnant des résultats équivalents sont possibles (voir Annexe C). En ce qui concerne la méthode quadratique, le signal CSS (CSS) est en particulier obtenu au moyen des formules suivantes:

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

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

où:

$S(k)$  = niveau du signal en dBm0

$e_i$  = équivalent linéaire du signal codé en MIC au temps  $i$ .

$k$  = indice de temps discontinu

$n$  = nombre d'échantillons permettant d'effectuer le mesurage quadratique et  $n = \alpha\tau$  avec  $\alpha \geq 1$  (nombre entier) et  $\tau$  = période du signal CSS (5600 pour la partie en monologue et 6400 pour la partie en conversation simultanée du signal CSS).

Certains essais de la présente Recommandation, comme l'essai 2, n'utilisent que la valeur efficace qui est mesurée dans la partie active du signal CSS (c'est-à-dire à l'exclusion des pauses de ce signal). L'indice inférieur "act" dans un niveau de signal sert dans ce cas à indiquer une mesure de niveau. Par exemple, si  $L_{Rin}$  est le niveau efficace du signal  $R_{in}$  y compris la pause, alors  $L_{Rin,act}$  est le niveau efficace du signal  $R_{in}$  sans la pause. Le niveau efficace du signal CSS à l'exclusion de la pause est plus grand que le niveau du signal comprenant la pause. La différence est de 1,49 dB pour un signal CSS à monologue et de 1,66 dB pour un signal CSS à conversation simultanée. En d'autres termes, avec un niveau de signal CSS  $L_x$  exprimé dans l'unité de dBm0, la valeur  $L_{x,act}$  peut être obtenue comme suit:

$$L_{x,act} = L_x + 1,49 \text{ dB, pour un signal CSS de monologue}$$

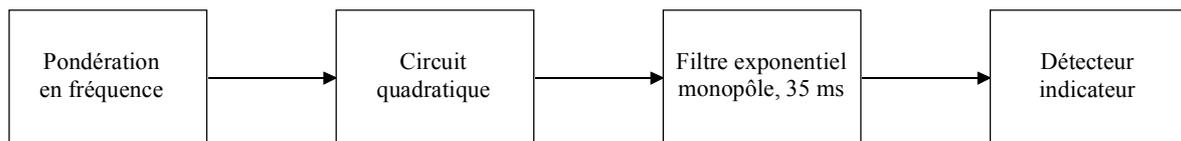
$$L_{x,act} = L_x + 1,66 \text{ dB, pour un signal CSS de conversation simultanée}$$

Voir dans l'Annexe C les détails concernant les signaux CSS de monologue et conversation simultanée.

#### 6.4.1.2.1 Appareil de mesure de niveau

Pour certains essais de la présente Recommandation, par exemple l'essai 2, il est nécessaire de mesurer le niveau à court terme du signal. On utilise à cet effet l'appareil de mesure de niveau suivant.

L'appareil 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 en impulsion du réseau de pondération en fréquence est indiquée dans le Tableau 1, qui se lit en colonnes. L'appareil de mesure présentera les caractéristiques correspondant au schéma synoptique suivant:

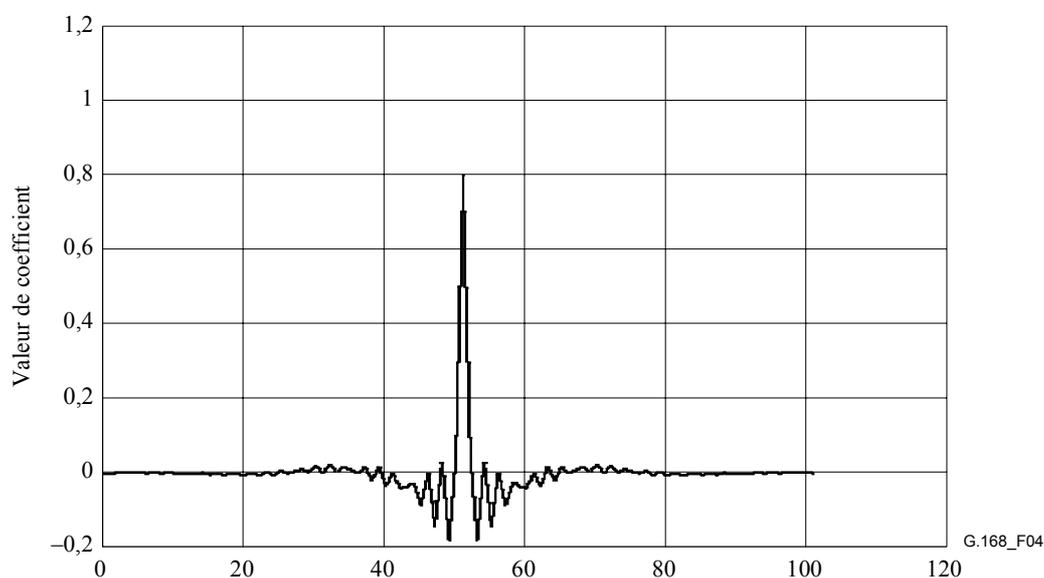


G.168\_F6.4.1.2.1

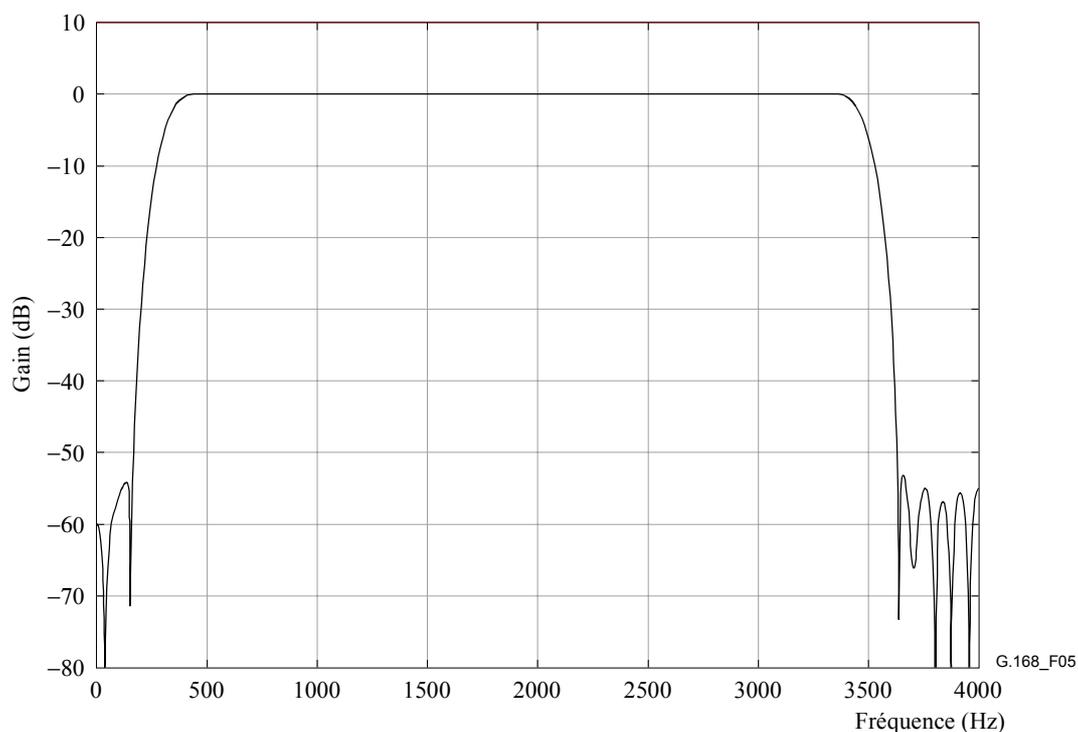
Ce réseau de pondération en fréquence est utilisé pour fournir un affaiblissement plus important des fréquences à l'extérieur de la bande présentant un intérêt que l'affaiblissement obtenu avec les filtres indiqués dans la CEI 60651. Ce filtre est nécessaire en raison des effets apériodiques dus aux erreurs induites par le codage en loi A. Ce filtre est un filtre passe-bande à réponse en impulsion finie à 101 éléments présentant la réponse en impulsion 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 l'appareil de mesure de niveau**

f <sub>0</sub> , f <sub>100</sub>	0,0000	f <sub>17</sub> , f <sub>83</sub>	-0,0019	f <sub>34</sub> , f <sub>66</sub>	0,0092
f <sub>1</sub> , f <sub>99</sub>	0,0006	f <sub>18</sub> , f <sub>82</sub>	-0,0033	f <sub>35</sub> , f <sub>65</sub>	0,0000
f <sub>2</sub> , f <sub>98</sub>	0,0005	f <sub>19</sub> , f <sub>81</sub>	-0,0047	f <sub>36</sub> , f <sub>64</sub>	0,0164
f <sub>3</sub> , f <sub>97</sub>	0,0004	f <sub>20</sub> , f <sub>80</sub>	-0,0000	f <sub>37</sub> , f <sub>63</sub>	-0,0210
f <sub>4</sub> , f <sub>96</sub>	0,0011	f <sub>21</sub> , f <sub>79</sub>	-0,0068	f <sub>38</sub> , f <sub>62</sub>	0,0161
f <sub>5</sub> , f <sub>95</sub>	-0,0000	f <sub>22</sub> , f <sub>78</sub>	0,0036	F <sub>39</sub> , F <sub>61</sub>	-0,0375
f <sub>6</sub> , f <sub>94</sub>	0,0015	f <sub>23</sub> , f <sub>77</sub>	-0,0057	f <sub>40</sub> , f <sub>60</sub>	0,0000
f <sub>7</sub> , f <sub>93</sub>	-0,0003	f <sub>24</sub> , f <sub>76</sub>	0,0054	f <sub>41</sub> , f <sub>59</sub>	-0,0406
f <sub>8</sub> , f <sub>92</sub>	0,0012	f <sub>25</sub> , f <sub>75</sub>	0,0000	f <sub>42</sub> , f <sub>58</sub>	-0,0357
f <sub>9</sub> , f <sub>91</sub>	-0,0002	f <sub>26</sub> , f <sub>74</sub>	0,0044	f <sub>43</sub> , f <sub>57</sub>	-0,0267
f <sub>10</sub> , f <sub>90</sub>	0,0000	f <sub>27</sub> , f <sub>73</sub>	0,0095	f <sub>44</sub> , f <sub>56</sub>	-0,0871
f <sub>11</sub> , f <sub>89</sub>	0,0002	f <sub>28</sub> , f <sub>72</sub>	0,0017	f <sub>45</sub> , f <sub>55</sub>	-0,0000
f <sub>12</sub> , f <sub>88</sub>	-0,0020	f <sub>29</sub> , f <sub>71</sub>	0,0188	f <sub>46</sub> , f <sub>54</sub>	-0,1420
f <sub>13</sub> , f <sub>87</sub>	0,0005	f <sub>30</sub> , f <sub>70</sub>	0,0000	f <sub>47</sub> , f <sub>53</sub>	0,0289
f <sub>14</sub> , f <sub>86</sub>	-0,0040	f <sub>31</sub> , f <sub>69</sub>	0,0225	f <sub>48</sub> , f <sub>52</sub>	-0,1843
f <sub>15</sub> , f <sub>85</sub>	0,0000	f <sub>32</sub> , f <sub>68</sub>	0,0024	f <sub>49</sub> , f <sub>51</sub>	0,0475
f <sub>16</sub> , f <sub>84</sub>	-0,0047	f <sub>33</sub> , f <sub>67</sub>	0,0163	f <sub>50</sub>	0,8006



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



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

La réponse en amplitude indiquée dans la Figure 5 a été produite au moyen de l'équation suivante:

$$|H(\omega)| = 10 \log_{10} \left( \left| \sum_{n=0}^{100} h_n e^{-j\omega n} \right|^2 \right) [dB] , \quad 0 < \omega < \pi$$

et la fréquence dans l'axe des x est formée par:

$$f = \frac{\omega}{\pi} 4000 \text{ Hz} .$$

#### 6.4.1.2.2 Appareil de mesure de niveau pour les crêtes

Pour les essais spécifiant des exigences concernant les crêtes au point  $S_{out}$ , 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 en impulsion du trajet d'écho (registre H) puisse être mis à zéro (mis à zéro) et que l'adaptation puisse être invalidée.

Les spécifications sont décrites en termes d'essais effectués par application de signaux aux bornes  $R_{in}$  et  $S_{in}$  d'un annuleur d'écho et par mesurage des 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. Pour toutes les valeurs à l'accès  $R_{in}$  et pour tous les essais de la présente Recommandation, 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. Les signaux de source composite comprenant le signal d'essai à l'entrée réception et le signal d'essai à l'entrée d'émission (voir l'Annexe C et la Rec. UIT-T P.501) 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. En effectuant les essais décrits dans la présente Recommandation, 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 Rec. UIT-T Q.522) appliqué aux entrées. Il est généralement reconnu que certains opérateurs souhaitent appliquer une charge de trafic simulée aux canaux non testés. Ce type de charge fera l'objet d'un complément d'étude.

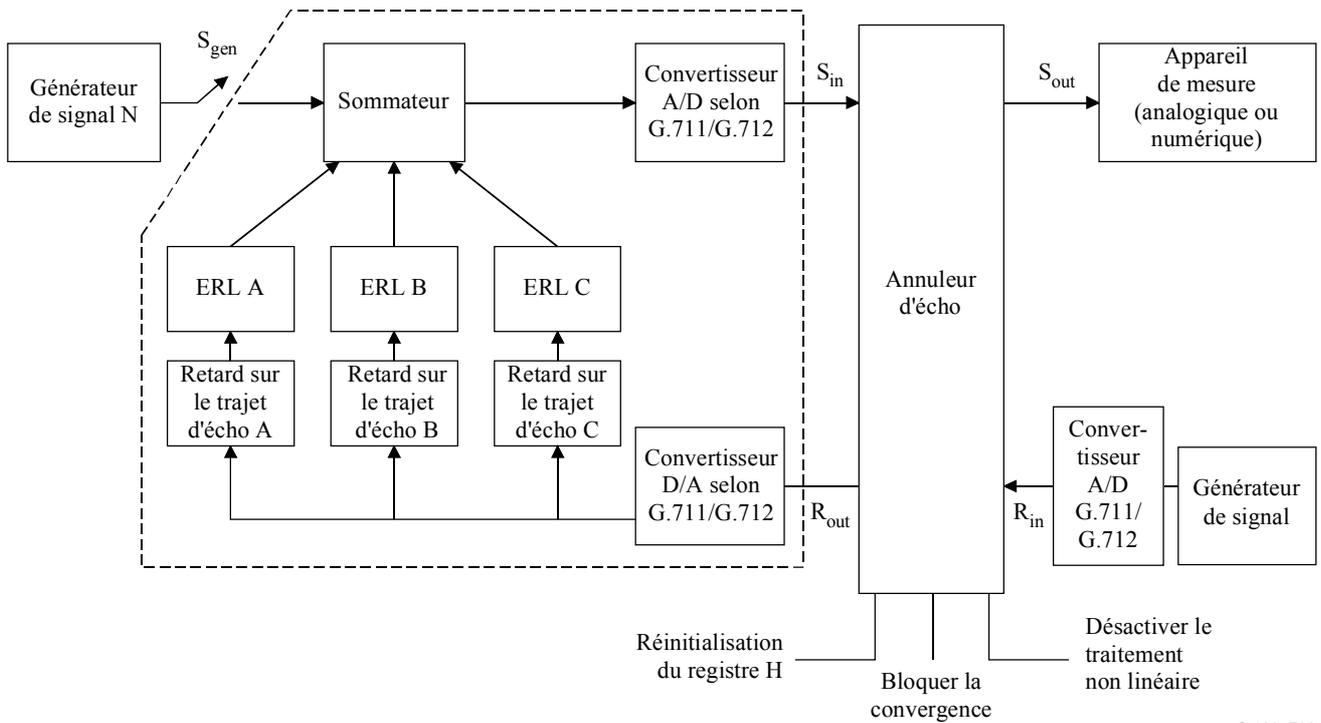
L'affaiblissement d'adaptation pour l'écho (ERL) utilisé dans ces essais a une valeur minimale de 6 dB. Il convient de noter que 6 dB est une valeur usuelle correspondant à l'hypothèse du cas le moins favorable dans la plupart des réseaux et que par ailleurs la plupart des réseaux actuels ont des valeurs 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 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 source composite, de signaux de bruit, de signaux de tonalité et de signaux de télécopie, de même que sur celle de signaux de données en bande vocale comme signaux d'essai.

Il y a lieu d'utiliser deux modèles de trajet d'écho pour les essais de la présente Recommandation (tels qu'ils apparaissent aux Figures 6 et 7).

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

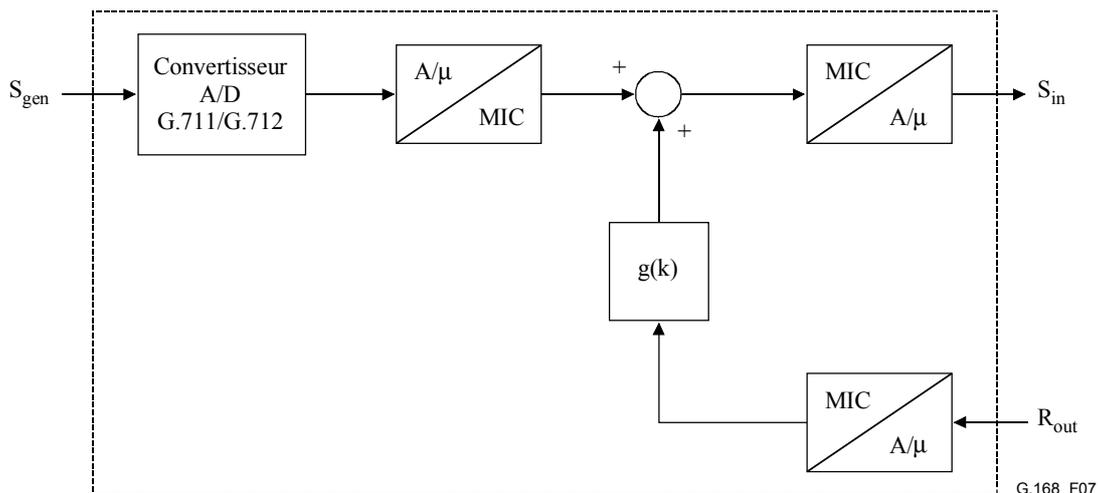


G.168\_F06

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**

L'on peut réaliser un modèle de trajet d'écho permettant la modélisation de trajets d'extrémité plus réalistes en remplaçant le cadre en pointillé de la Figure 6 par la Figure 7. Les caractéristiques du trajet d'extrémité, qui inclut les convertisseurs loi A en loi  $\mu$ , peuvent être modélisées comme une réponse en impulsion  $g(k)$ .



G.168\_F07

**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. A cette fin, l'on synthétise une réplique de réponse en impulsion du trajet d'écho et on l'utilise pour engendrer une estimation de l'écho qui sera soustraite de l'écho réel du circuit. Il convient que la synthèse soit obtenue au moyen d'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 supposent qu'un signal de source composite soit principalement utilisé à des fins de commodité et de reproductibilité. Il convient que ces essais ne soient effectués sur un annuleur d'écho que lorsqu'on aura démontré que la conception synthétise convenablement une réplique de la réponse en impulsion 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 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 conversation 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 conversation 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  $\Delta$ , lorsqu'elle apparaît dans la présente Recommandation, représente le retard de trajet d'écho maximal pour lequel l'annuleur d'écho est conçu.

Voir au § I.8 quelques directives sur l'utilisation de paramètres pour contrôler 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. 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 avec trois points de réflexion du trajet d'écho, peut aussi être représentée par une réponse  $g(k)$ . L'Annexe D ne décrit pas de modèle particulier pour une telle configuration. Un modèle plus complexe qui tiendrait compte d'une dispersion plus réaliste ainsi que d'autres effets reste à étudier. On trouvera également des informations additionnelles dans l'Appendice III.

Afin de s'assurer que la réponse en amplitude du trajet d'écho  $g(k)$  ne dépasse pas 0 dB dans la gamme de fréquences de certains des modèles contenus dans l'Annexe D, les valeurs minimales d'affaiblissement ERL doivent être supérieures à 6 dB. L'on trouvera en Annexe D la valeur minimale exacte de l'affaiblissement ERL pour chaque modèle. Noter que les valeurs minimales d'affaiblissement ERL indiquées dans l'Annexe D ont priorité sur l'exigence d'affaiblissement  $ERL \geq 6$  dB, indiquée dans les essais suivants, en cas de conflit entre les deux.

#### **6.4.2.2 Essai 1 – Essai de niveau d'écho résiduel et de niveau d'affaiblissement d'adaptation d'écho en régime établi (supprimé)**

Cet essai a été incorporé dans l'essai 2.

#### **6.4.2.3 Essai 2 – Essai de convergence et essai de niveau d'écho résiduel et de niveau d'affaiblissement d'adaptation d'écho en régime établi**

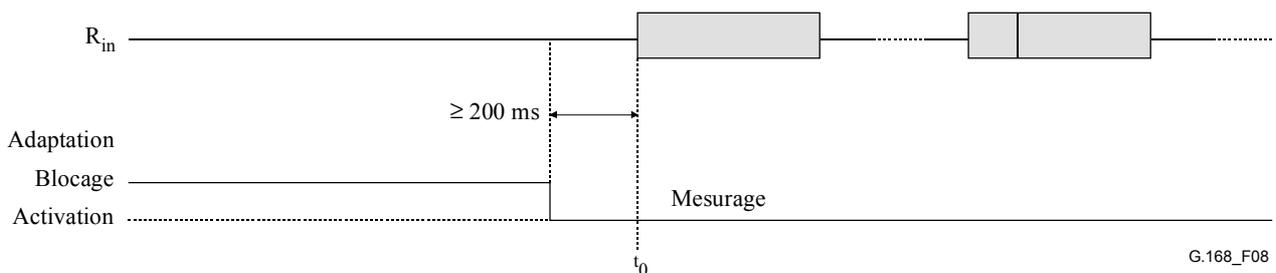
Cet essai a pour objet de s'assurer que l'annuleur d'écho converge rapidement pour toutes les combinaisons de niveaux de signaux à l'entrée et de trajets d'écho et de s'assurer que le niveau de retour d'écho est suffisamment faible. Cet essai permet de s'assurer que l'annulation en régime établi ( $A_{CANC}$ ) est suffisante pour produire un niveau d'écho résiduel 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 d'amélioration

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 mis à zéro. En variante, avec un trajet d'écho ouvert produisant  $S_{in} = 0$ , le contenu du registre H est construit par convergence puis l'adaptation est désactivée. L'adaptation est réactivée au moins 200 ms avant le début d'une rafale de signaux CSS (voir Figure 8). Cette période permet de prendre en compte le temps d'attente dans la commande d'adaptation de l'annuleur. Le niveau d'écho résiduel ou renvoyé est ensuite mesuré en fonction du temps nécessaire pour révéler la convergence et en fonction des caractéristiques en régime établi 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 qui est 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 conversation simultanée et si 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 coupleurs différentiels) et pour tous les signaux vocaux dans la bande.

Dans les essais 2A-2C, le niveau de  $R_{in}$  est  $L_{Rin,act}$ . C'est la mesure de niveau de signal utilisant la méthode quadratique dans la seule portion active du signal CSS (c'est-à-dire à l'exclusion des pauses de ce signal), comme décrit au 6.4.1.2.



**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

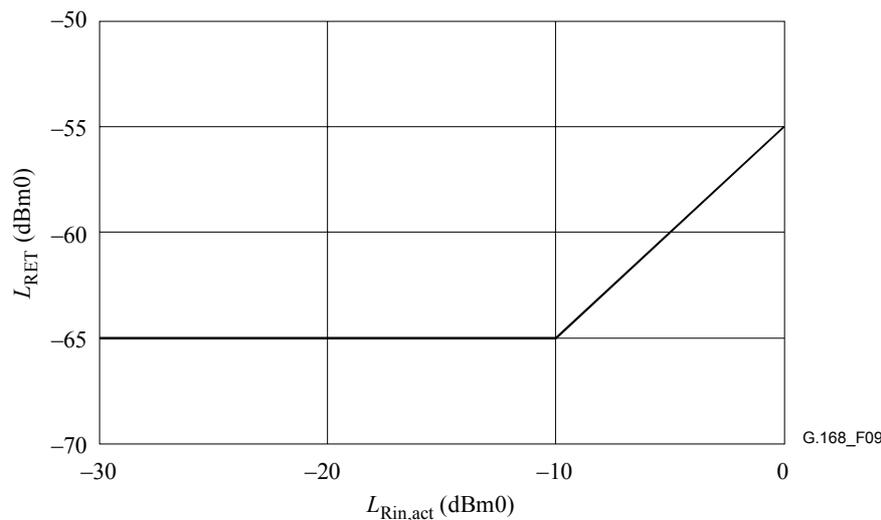
#### Spécification

Le registre H étant initialement mis à zéro ou, en variante, avec un trajet d'écho ouvert produisant  $S_{in} = 0$ , le contenu du registre étant mis en convergence vers 0 et le processeur non linéaire (NLP) étant activé, pour toutes les valeurs  $L_{Rin,act} \geq -30$  dBm0 et  $\leq 0$  dBm0 et pour toutes les valeurs d'affaiblissement  $ERL \geq 6$  dB avec un retard de trajet d'écho,  $t_d \leq \Delta$  ms, l'affaiblissement combiné ( $L_{Rin,act} - L_{RET}$ ) doit être supérieur ou égal à celui qui est indiqué à la Figure 10. Après la période  $1 + t_d$  s, 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 conforme aux exigences du § 6.4.1.2.1. De plus, aucune crête (voir § 6.4.1.2.2) dépassant de 5 dB les exigences de la Figure 9 n'est tolérée.

La variable  $L_{Rin,act} - L_{RET}$  de la Figure 10 peut être remplacée par la variable  $L_{Sin} - L_{Sout} + ERL$ , dans laquelle  $L_{Sin}$  et  $L_{Sout}$  sont respectivement les niveaux de  $S_{in}$  et de  $S_{out}$ . Les niveaux de signal  $L_{Sin}$  et  $L_{Sout}$  sont mesurés au moyen de l'appareil de mesure décrit au § 6.4.1.2.1 et il convient de les synchroniser. L'affaiblissement ERL est la valeur choisie au cours de l'essai. Cette méthode peut également être utilisée pour observer la convergence sous forme de graphe en fonction du temps l.

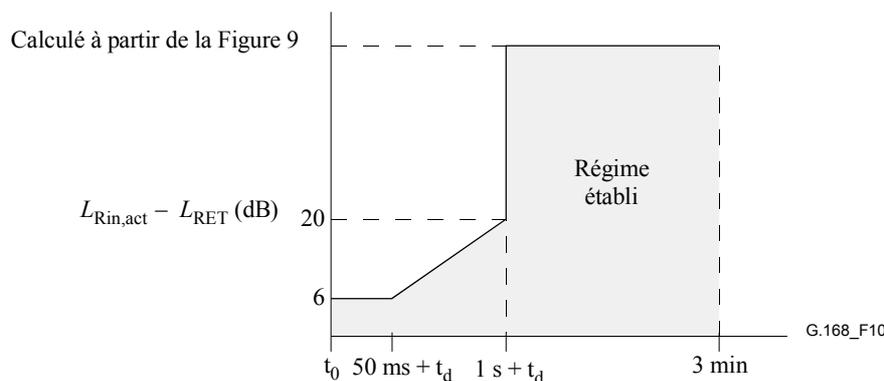
NOTE – La méthode décrite dans l'alinéa précédent tient compte d'une éventuelle dispersion dans le trajet d'écho mais ne tient pas compte d'une éventuelle dispersion présente entre les accès  $S_{in}$  et  $S_{out}$  de l'annuleur d'écho.

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



**Figure 9/G.168 – Relation entre le niveau d'entrée à la réception ( $L_{Rin,act}$ ) 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 si, 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 CSS 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 qui sont indiquées dans la figure.



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

#### 6.4.2.3.2 Essai 2B: essai de convergence avec activation du processeur non linéaire

##### Spécification

Le registre H étant initialement mis à zéro ou, en variante, avec un trajet d'écho ouvert produisant une valeur  $S_{in} = 0$ , le contenu du registre H étant construit en convergence vers 0 et le processeur NLP étant désactivé, pour toutes les valeurs  $L_{Rin,act} \geq -30$  dBm0 et  $\leq 0$  dBm0 et pour toutes les valeurs d'affaiblissement  $ERL \geq 6$  dB et de retard de trajet d'écho,  $t_d \leq \Delta$  ms,

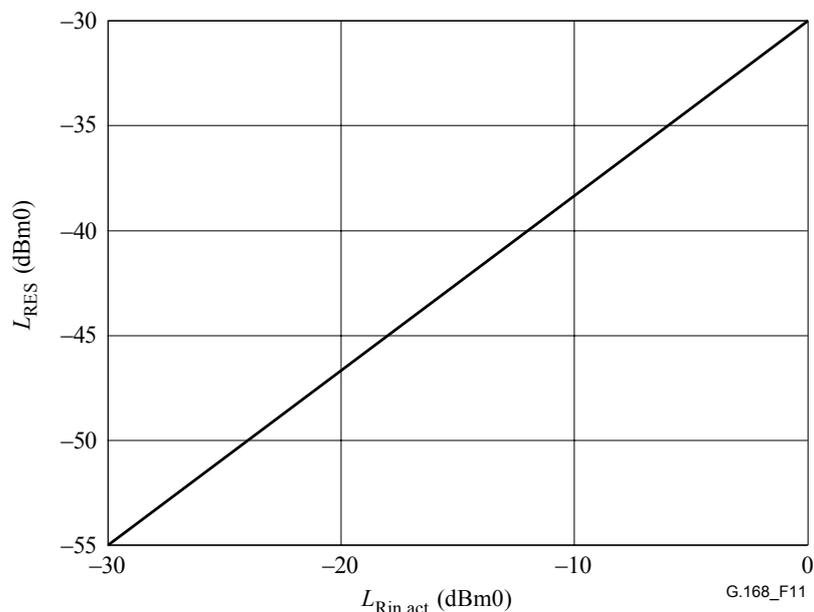
l'affaiblissement  $L_{Rin,act} - L_{RES}$  doit être supérieur ou égal à celui qui est indiqué à la Figure 12. Après 10 s, l'affaiblissement  $L_{Rin,act} - L_{RES}$  doit être supérieur ou égal à celui de la Figure 11. Le niveau à la sortie  $S_{out}$  est mesuré au moyen d'un hypsomètre conformément aux caractéristiques du § 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.

La variable  $L_{Rin,act} - L_{RES}$  contenue dans la Figure 12 peut être remplacée par la variable  $L_{Sin} - L_{Sout} + ERL$ , dans laquelle  $L_{Sin}$  et  $L_{Sout}$  sont les niveaux de  $S_{in}$  et  $S_{out}$  respectivement. Les niveaux de signal  $L_{Sin}$  et  $L_{Sout}$  sont mesurés au moyen de l'appareil de mesure décrit au § 6.4.1.2.1 et devraient être synchronisés. L'affaiblissement ERL est la valeur choisie au cours de l'essai. Cette méthode peut également être utilisée afin d'observer la convergence sous forme d'une graphe continu en fonction du temps.

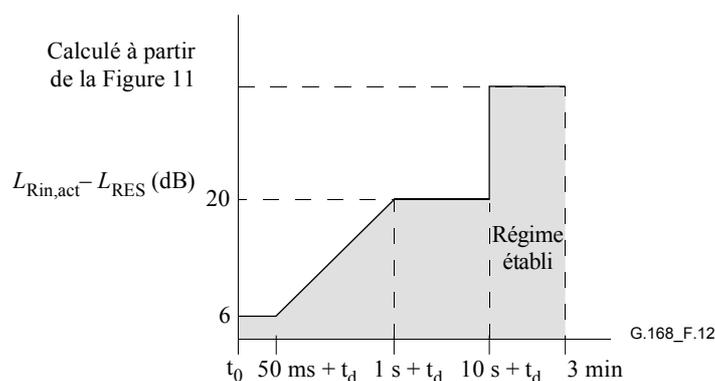
NOTE 1 – La méthode indiquée dans l'alinéa précédent tient compte d'une éventuelle dispersion dans le trajet d'écho, mais ne tient pas compte d'une éventuelle dispersion présente entre les accès  $S_{in}$  et  $S_{out}$  de l'annuleur d'écho.

NOTE 2 – Certains annuleurs d'écho emploient une fonction supplémentaire de processeur NLP qui ne peut pas être désactivée. Pour plus d'informations à ce sujet, voir § 8.2.6, Essai du processeur linéaire NLP.

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



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



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

### 6.4.2.3.3 Essai 2C: essai de convergence en présence de bruit de fond

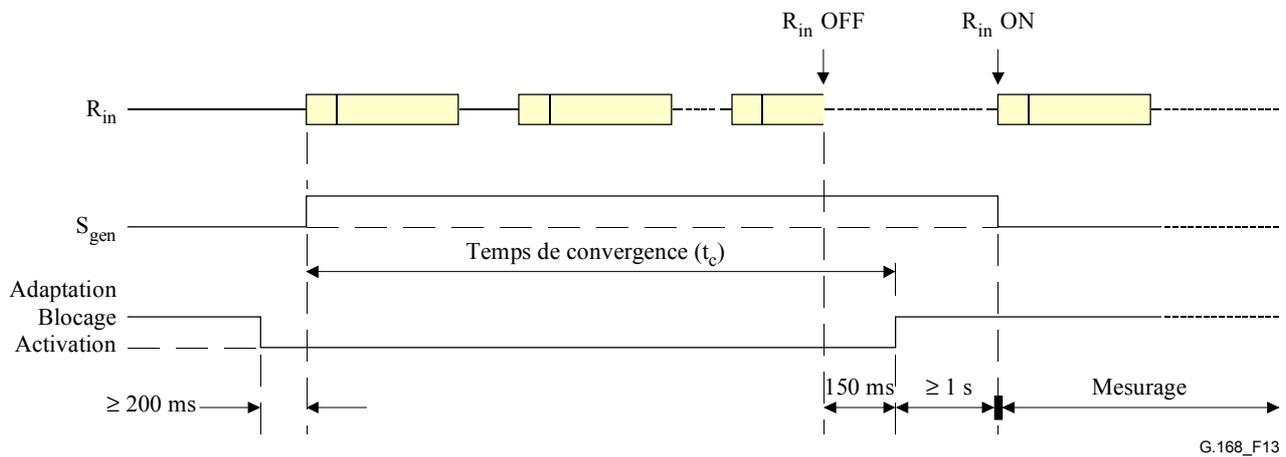
L'essai 2C est effectué en vue de s'assurer que l'annulation en régime établi est suffisante pour produire un niveau d'écho qui soit suffisamment bas et que l'annuleur d'écho converge rapidement pour toutes les associations de niveaux de signaux d'entrée et de trajets d'écho en présence de bruit de fond.

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

Le niveau à la sortie  $S_{out}$  est mesuré au moyen d'un hypsomètre conformément aux caractéristiques du § 6.4.1.2.1.

La variable  $L_{Rin,act} - L_{RET}$  dans la Figure 10 pour le cas de l'activation du processeur NLP ou  $L_{Rin,act} - L_{RES}$  dans la Figure 12 pour le cas de la désactivation du processeur NLP peut être remplacée par la variable  $L_{Sin} - L_{Sout} + ERL$ , dans laquelle  $L_{Sin}$  et  $L_{Sout}$  sont les niveaux de  $S_{in}$  et  $S_{out}$  respectivement. Les niveaux de signal  $L_{Sin}$  et  $L_{Sout}$  sont mesurés au moyen de l'appareil de mesure décrit au § 6.4.1.2.1 et devraient être synchronisés. L'affaiblissement ERL est la valeur choisie au cours de l'essai. Cette méthode peut également être utilisée afin d'observer la convergence sous forme d'une graphe continu en fonction du temps.

NOTE 1 – La méthode indiquée dans l'alinéa précédent tient compte d'une éventuelle dispersion dans le trajet d'écho, mais ne tient pas compte d'une éventuelle dispersion présente entre les accès  $S_{in}$  et  $S_{out}$  de l'annuleur d'écho.



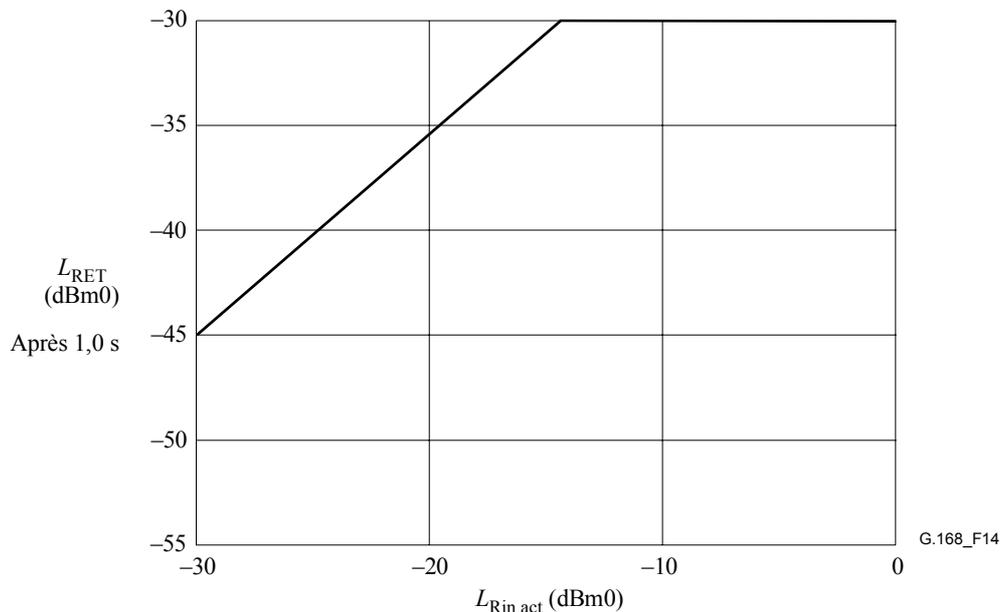
**Figure 13/G.168 – Evolution des signaux dans le temps pour l'essai 2C**

NOTE 2 – A la fin de cet essai, une période de  $\geq 1$  s est admise afin de tenir compte d'une éventuelle latence dans la commande de blocage d'adaptation.  $R_{in}$  est déconnecté afin d'empêcher une nouvelle adaptation avant que la commande de blocage soit suivie d'effet. Une période de 150 ms est admise avant la commande de blocage d'adaptation afin de supprimer la réponse en impulsion d'un trajet d'écho.  $R_{in}$  est reconnecté afin d'effectuer le mesurage.

**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  $L_{Rin,act} \geq -30$  dBm0 et  $\leq 0$  dBm0,  $L_{Sgen} = L_{Rin,act} - 15$  dB mais non supérieures à  $-30$  dBm0, avec un affaiblissement ERL  $\geq 6$  dB et avec un 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  $\leq L_{Sgen}$  (voir Figure 14).

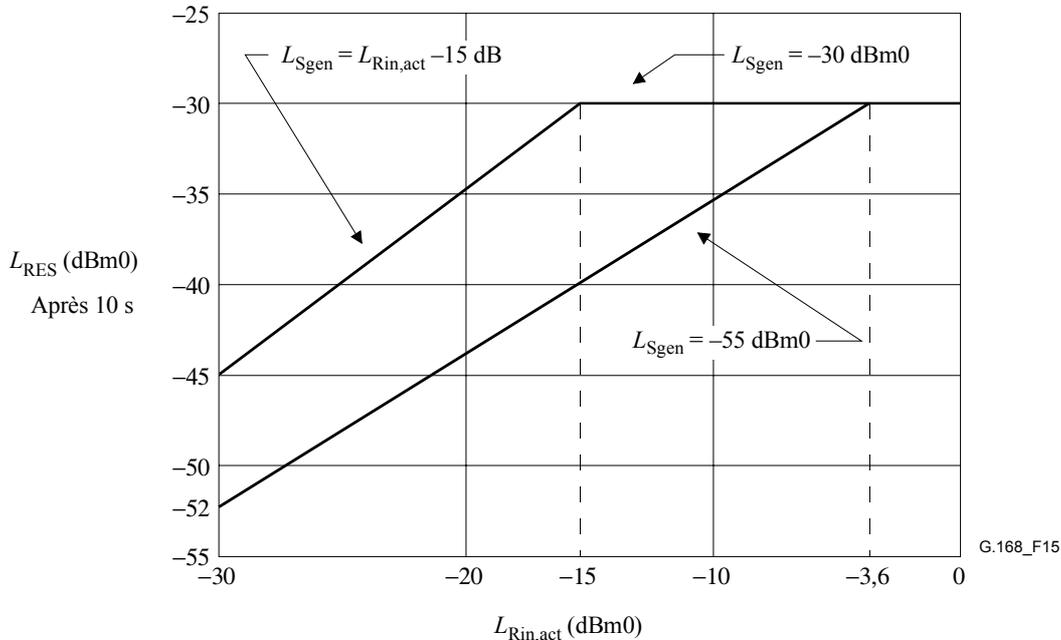


**Figure 14/G.168 – Spécifications de l'essai 2C avec activation du processeur non linéaire**

**b) Essai d'annulation en régime établi 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  $L_{Rin,act} \geq -30$  dBm0 et  $\leq 0$  dBm0,  $L_{Sgen}$  étant comme indiqué à la Figure 15, avec un affaiblissement ERL  $\geq 6$  dB, avec un retard sur le trajet d'écho,  $t_d \leq \Delta$  ms et avec un temps de convergence  $-10$  s, il convient que  $L_{RES}$  soit inférieur à la valeur indiquée à la Figure 15 pour la valeur correspondante de  $L_{Sgen}$ .

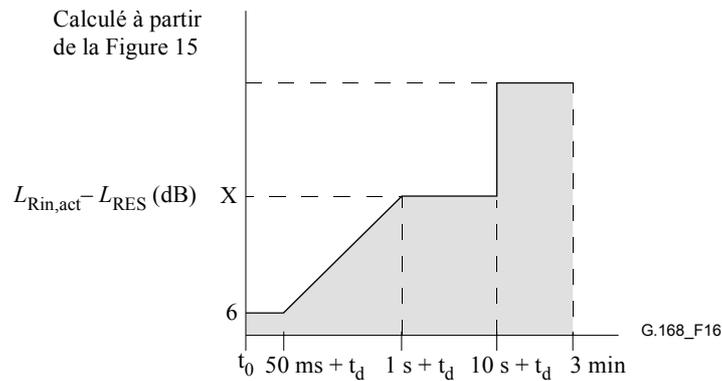


**Figure 15/G.168 – Spécifications de régime établi de l'essai 2C avec neutralisation du processeur non linéaire**

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

**Spécification**

Le registre H étant initialement mis à zéro et le processeur NLP étant désactivé, pour toutes les valeurs de  $L_{Rin,act} \geq -30$  dBm0 et  $\leq 0$  dBm0,  $L_{Sgen} = L_{Rin,act} - 15$  dB mais non supérieures à  $-30$  dBm0, avec un affaiblissement ERL  $\geq 6$  dB et avec un retard de trajet d'écho  $t_d \leq \Delta$  ms, l'affaiblissement  $L_{Rin,act} - L_{RES}$  devrait être supérieur ou égal à la valeur indiquée dans la Figure 16. La valeur X est à déterminer.



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

#### 6.4.2.4 Essai 3 – Caractéristiques de fonctionnement en conversation simultanée

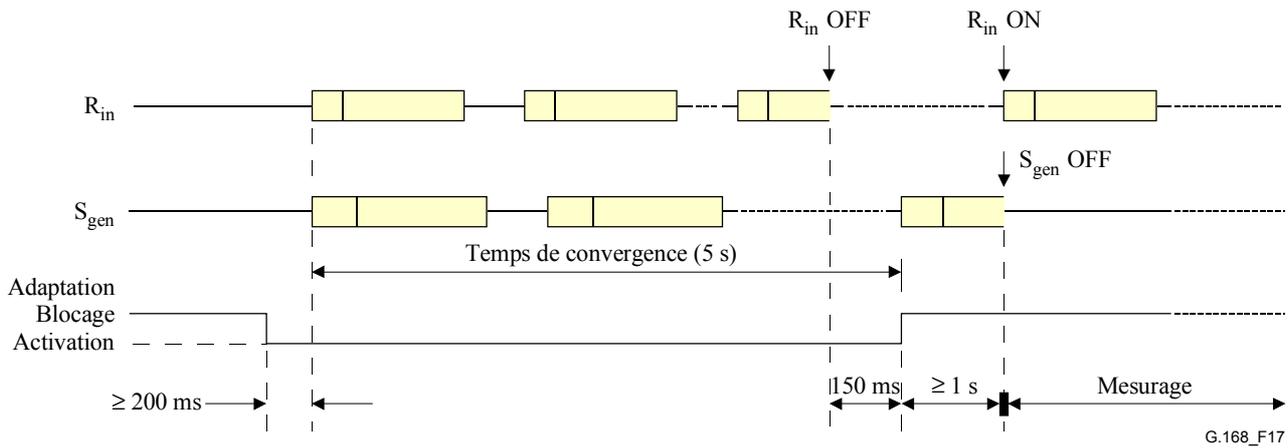
Les trois parties de cet essai ont pour objet de vérifier les performances de l'annuleur dans diverses conditions de conversation simultanée. Dans les conditions de conversation simultanée, l'annuleur d'écho peut produire des effets indésirables tels que l'écrêtage, la distorsion et les variations du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

Pour cet essai, le signal  $R_{in}$  est le signal CSS de monologue et le signal  $S_{gen}$  est le signal CSS de conversation simultanée. Bien que le signal CSS soit proposé pour cet essai, on admet qu'il ne représente qu'une approximation statistique de la parole réelle. Les essais de conversation simultanée effectués sur des échantillons de parole réelle peuvent produire des résultats qui diffèrent légèrement de ceux qui sont 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 conversation simultanée d'un annuleur d'écho. Il est possible que cet essai et ses spécifications changent lorsque la corrélation entre les signaux de 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 référence [1] au § I.9 pour de plus amples détails).

Voir le § I.7.4 pour les directives sur les méthodes d'essai en conversation simultanée pour les essais 3A et 3B.

##### 6.4.2.4.1 Essai 3A: essai de conversation simultanée avec de faibles niveaux du côté annulé

L'essai 3A permet de s'assurer que la détection de la conversation simultanée n'est pas d'une sensibilité telle que l'écho et la parole du côté annulé à faible niveau provoquent un fonctionnement intempestif du détecteur de conversation simultanée au point que l'adaptation n'intervient pas. 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), à appliquer un signal à l'accès  $R_{in}$ . Simultanément (voir Figure 17), un signal brouilleur (signal CSS de conversation simultanée), dont le niveau est suffisamment faible pour ne pas sérieusement entraver la capacité de convergence de l'annuleur d'écho, est appliqué à  $S_{gen}$ . 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 3A**

NOTE – A la fin de cet essai, une période de  $\geq 1$  s est admise afin de tenir compte d'une éventuelle latence dans la commande de blocage d'adaptation.  $R_{in}$  est déconnecté afin d'empêcher une nouvelle adaptation avant que la commande de blocage soit suivie d'effet. Une période de 150 ms est admise avant la commande de blocage d'adaptation afin de supprimer la réponse en impulsion d'un trajet d'écho.  $R_{in}$  est reconnecté afin d'effectuer le mesurage.

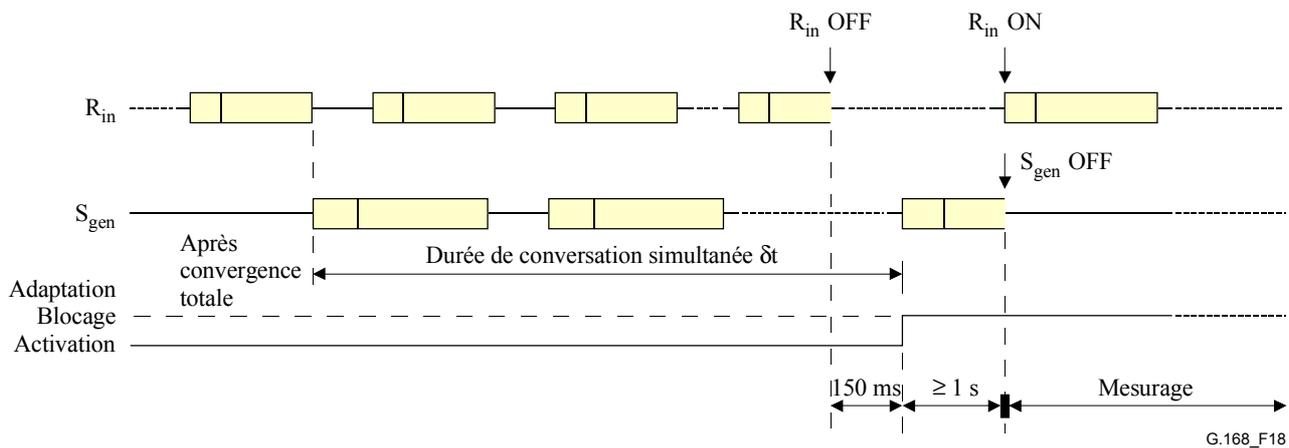
### Spécification

Avec le registre H initialement mis à zéro pour toutes les valeurs de niveau  $L_{Rin} \geq -25$  dBm0 et  $\leq 0$  dBm0,  $L_{Sgen} = L_{Rin} - 15$  dB, un affaiblissement ERL  $\geq 6$  dB et un 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 3B: essai de conversation simultanée avec des niveaux élevés du côté annulé

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

La procédure d'essai consiste à faire converger complètement l'annuleur d'écho pour un trajet d'écho donné en appliquant le signal CSS à l'accès  $R_{in}$ . Après que l'annuleur a complètement mis en convergence (voir Figure 18), un signal est appliqué à  $S_{gen}$  qui a un niveau  $L_{Sgen}$  au moins égal à celui de l'accès  $R_{in}$ , ce qui devait provoquer le fonctionnement du détecteur de conversation simultanée. Après une durée choisie arbitrairement,  $\delta_t > 0$ , l'adaptation est bloquée, le signal  $S_{gen}$  est supprimé 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 3B**

NOTE – A la fin de cet essai, une période de  $\geq 1$  s est admise afin de tenir compte d'une éventuelle latence dans la commande de blocage d'adaptation.  $R_{in}$  est déconnecté afin d'empêcher une nouvelle adaptation avant que la commande de blocage soit suivie d'effet. Une période de 150 ms est admise avant la commande de blocage d'adaptation afin de supprimer la réponse en impulsion d'un trajet d'écho.  $R_{in}$  est reconnecté afin d'effectuer le mesurage.

La référence [1] du § I.9 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 CSS peut ne pas fournir une approximation adaptée de parole réelle pour cet essai.

### Spécification

L'annuleur d'écho se trouvant initialement dans l'état de convergence totale pour toutes les valeurs de  $L_{Rin} \geq -30$  dBm0 et  $\leq 0$  dBm0, pour toutes les valeurs de  $L_{Sgen} \geq L_{Rin}$  et pour toutes les valeurs de  $ERL \geq 6$  dB avec un retard de trajet d'écho  $t_d \leq \Delta$  ms, le niveau du signal d'écho résiduel après l'application simultanée des signaux  $R_{in}$  et  $S_{gen}$  pendant une période quelconque ne devrait pas augmenter de plus de 10 dB par rapport à la spécification de régime établi de la Figure 11.

#### 6.4.2.4.3 Essai 3C: essai de conversation simultanée en conversation simulée

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

La procédure d'essai consiste à vider le registre H. Puis, pour certaines valeurs de retard de trajet d'écho,  $t_d \leq \Delta$  ms et d'affaiblissement  $ERL \geq 6$  dB, un signal est appliqué à  $R_{in}$ . Simultanément, (voir Figure 19), un signal est appliqué à  $S_{gen}$  à un niveau  $L_{Sgen}$  au moins égal à celui de  $R_{in}$ . Après une période  $t_1$ ,  $S_{gen}$  est supprimé et  $S_{out}$  est mesuré. Aux temps  $t_4$  et  $t_5$ ,  $S_{gen}$  est réappliqué et la sortie est évaluée en ce qui concerne les effets indésirables. Le processeur NLP devrait être activé pour cet essai.

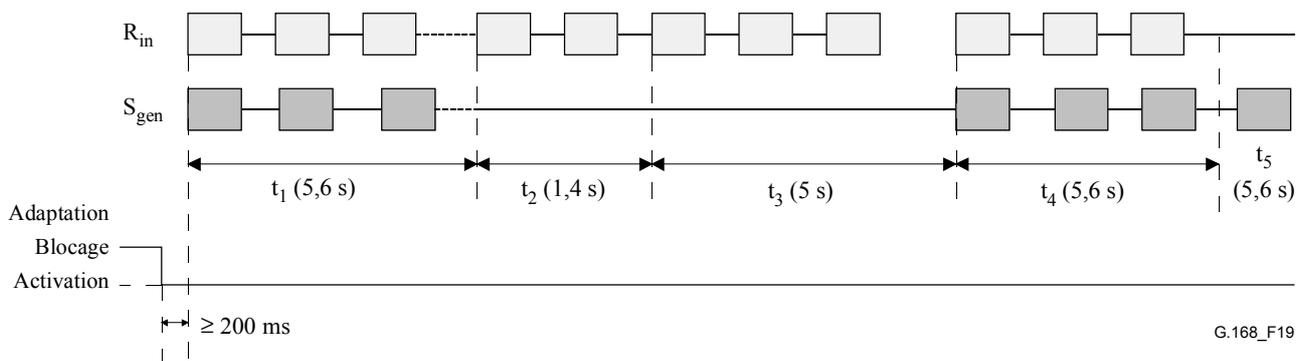


Figure 19/G.168 – Evolution des signaux dans le temps pour l'essai 3C

### Spécification

Le registre H étant initialement mis à zéro, pour toutes les valeurs de  $L_{Rin} \geq -25$  dBm0 et  $\leq 0$  dBm0, toutes les valeurs de  $L_{Sgen} \geq L_{Rin}$ , toutes les valeurs de  $ERL \geq 6$  dB et avec un retard de trajet d'écho  $t_d \leq \Delta$  ms, aucune crête (voir § 6.4.1.2.2) au cours de la période  $t_2$  ne devrait dépasser le niveau  $L_{Sgen}$  au cours de la période  $t_1$ . Le niveau du signal d'écho résiduel pendant la période  $t_3$  devrait répondre aux exigences de signal de la Figure 9 avec le processeur NLP activé. Au cours des périodes  $t_4$  et  $t_5$ , aucune crête ne devrait dépasser le niveau de  $L_{Sgen} + 6$  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. Ils feront l'objet d'un complément d'étude. Les variations du signal CSS peuvent être utiles à cet effet.

#### 6.4.2.5 Essai 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 mis à zéro trop rapidement.

La procédure d'essai consiste à faire converger complètement l'annuleur d'écho en utilisant le signal CSS 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 CSS 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*.

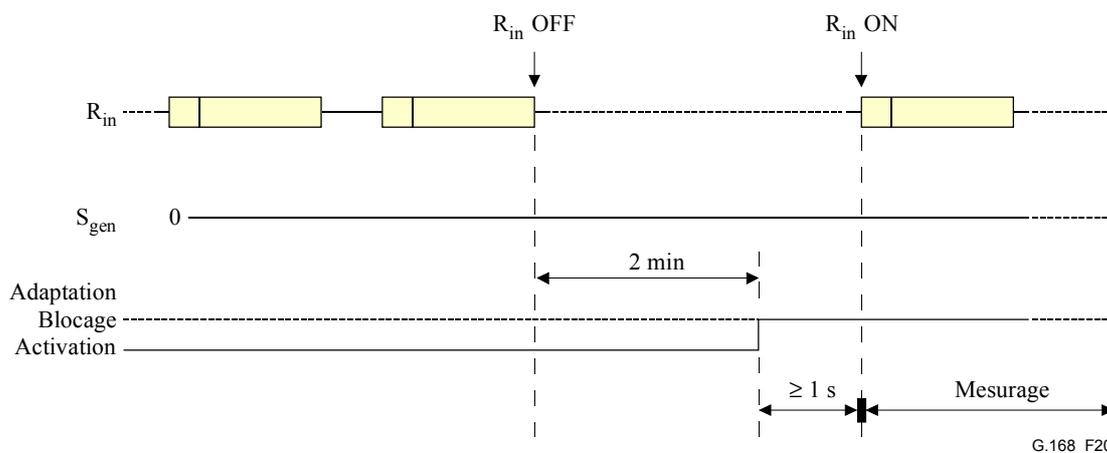


Figure 20/G.168 – Evolution des signaux dans le temps pour l'essai 4

NOTE – A la fin de cet essai, une période de  $\geq 1$  s est nécessaire afin de tenir compte d'une éventuelle latence dans la commande de blocage d'adaptation.  $R_{in}$  est activé afin d'effectuer le mesurage.

## Spécification

L'annuleur d'écho étant initialement à l'état de convergence complète, pour toutes les valeurs de niveau  $L_{Rin} \geq -30$  dBm0 et  $\leq 0$  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 établi de l'essai 2 (Figure 11).

### 6.4.2.6 Essai 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. Cela 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 trajet d'écho est ouvert (l'écho du circuit 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 CSS pour un trajet d'écho donné. Celui-ci est alors interrompu à  $R_{out}$  pendant qu'un signal CSS est appliqué à l'accès  $R_{in}$  et la sortie mesurée à l'accès  $S_{out}$  (voir Figure 21). Il convient que le processeur non linéaire soit neutralisé.

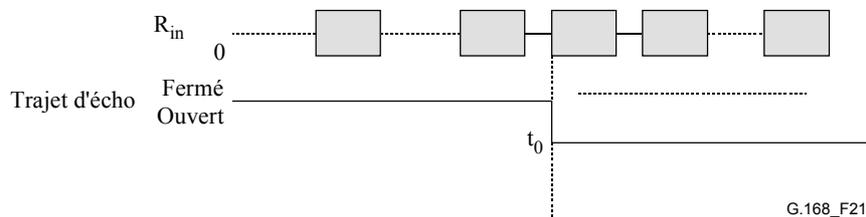


Figure 21/G.168 – Evolution des signaux dans le temps pour l'essai 5

Le niveau à l'accès  $R_{in}$  dans la spécification d'essai est  $L_{Rin,act}$ . C'est la mesure du niveau du signal au moyen de la méthode quadratique dans la partie active du signal CSS seulement (c'est-à-dire à l'exclusion de la pause du signal CSS) comme décrit au § 6.4.1.2.

## Spécification

L'annuleur d'écho se trouvant initialement dans l'état de convergence totale pour toutes les valeurs de  $ERL \geq 6$  dB et pour toutes les valeurs de  $L_{Rin,act} \geq -30$  dBm0 et  $\leq 0$  dBm0 et le trajet d'écho étant interrompu au temps  $t_0$  par un trajet d'écho ouvert, l'affaiblissement composite  $L_{Rin,act} - L_{RES}$  devrait répondre aux exigences de la Figure 12, après mesurage au moyen de la méthode du § 6.4.1.2.1.

Le niveau à l'accès  $S_{out}$  est mesuré au moyen d'un hypsomètre conforme aux caractéristiques du § 6.4.1.2.1.

### 6.4.2.7 Essai 6 – Absence de divergence sur des signaux à bande étroite

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 mis en convergence 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 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 2. Il convient que le processeur non linéaire soit neutralisé.

## Spécification

Soit un annuleur d'écho dont la convergence est complète comme dans l'essai 2 pour toutes les valeurs d'affaiblissement  $ERL \geq 6$  dB et 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 chaque fois pendant 5 s à  $R_{in}$  de sorte que  $L_{Rin} \geq -30$  dBm0 et  $\leq$  dBm0. Après l'application de la séquence de tonalités, l'adaptation est bloquée. En utilisant le même signal que l'essai 2, il convient que l'écho résiduel ne soit pas dégradé de plus de 10 dB par rapport aux spécifications de la Figure 11 de l'essai 2. Le processeur non linéaire est désactivé pour cet essai.

**Tableau 2/G.168 – Séquence des tonalités**

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

### 6.4.2.8 Essai 7 – Essai de stabilité

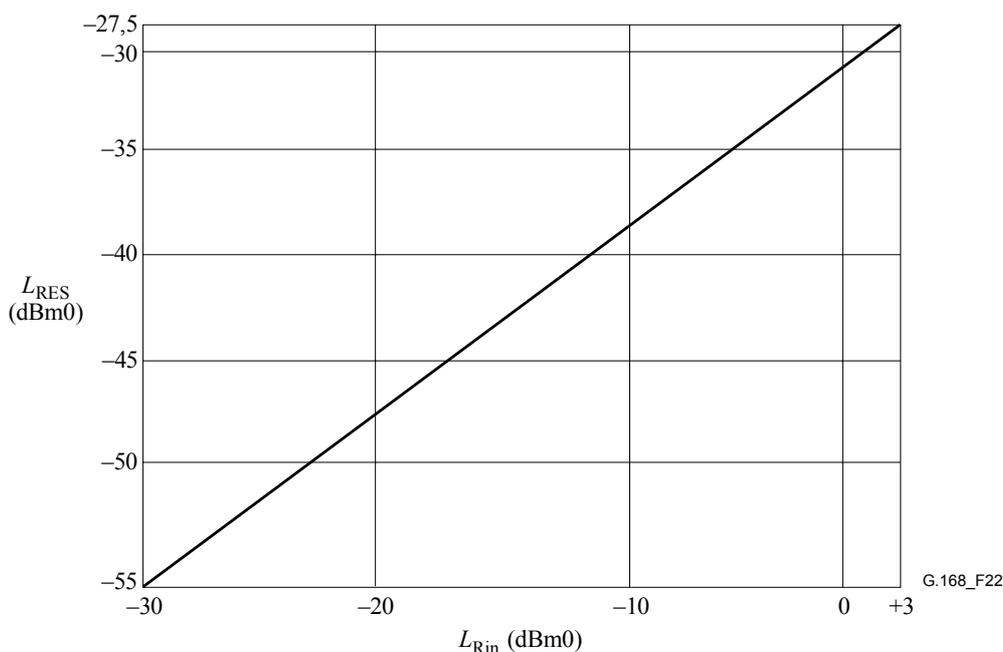
L'objet de cet essai est de vérifier que l'annuleur d'écho restera stable pour les signaux à bande étroite. L'écho résiduel est mesuré par l'application d'une onde sinusoïdale à fréquence unique.

La méthode d'essai est la suivante: le registre H étant initialement mis à zéro et le processeur non linéaire étant neutralisé, l'annuleur d'écho est mis en convergence sur le signal sinusoïdal pendant deux minutes. L'écho résiduel est mesuré pendant tout l'intervalle de 2 min pendant lequel le signal d'entrée est appliqué.

## Spécification

Le registre H de l'annuleur d'écho étant initialement mis à zéro, appliquer un signal à fréquence unique, sauf les tonalités indiquées dans le Tableau 3 de l'essai 8, pendant 2 min à l'accès  $R_{in}$ . Le niveau du signal d'écho résiduel, mesuré en continu dans les 2 min pendant lesquelles le signal d'entrée est appliqué, devrait être inférieur ou égal à celui qui est indiqué dans la Figure 22 après une période initiale de convergence de 10 s. Le niveau de  $R_{in}$  pour cet essai devrait être dans l'étendue  $L_{Rin} \geq -30$  dBm0 et  $\leq +3$  dBm0, avec un trajet d'écho composé de deux valeurs d'affaiblissement ERL de 6 dB et 20 dB, avec un retard de trajet d'écho  $t_d \leq \Delta$  ms.

Le niveau d'écho résiduel est mesuré au moyen d'un hypsomètre conforme aux caractéristiques du § 6.4.1.2.1.



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

#### **6.4.2.9 Essai 8 – Absence de convergence (facultative) des annuleurs d'écho vers les tonalités de contrôle de continuité et de signalisation dans la bande propres aux systèmes de signalisation n° 5, 6 et 7 de l'UIT-T**

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 commutateurs internationaux ou qui sont associés à des commutateurs 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. Cela 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 facultative, l'annuleur d'écho est initialement mis en convergence à l'aide du signal CSS vers tout trajet d'écho ayant un affaiblissement ERL  $\geq 6$  dB et un retard de trajet d'écho  $t_d \leq \Delta$ . Par simplification, l'état de convergence complète pour un affaiblissement ERL de 6 dB peut être choisi. Le signal CSS est d'abord supprimé puis le trajet d'écho est ouvert à l'accès R<sub>out</sub>. Ensuite, tout signal du Tableau 3 est appliqué à l'accès S<sub>in</sub>. Dans un délai de 90 ms (soit avant soit après l'application du signal à l'accès S<sub>in</sub>), le même signal est appliqué à l'accès R<sub>in</sub>. Après l'instant de détection, le niveau à l'accès S<sub>out</sub> est mesuré.

Le niveau de puissance M de chaque signal appliqué devrait être dans les limites suivantes:

**Système 5:**  $-16 \leq M \leq -2$  dBm0

NOTE 1 – Cette étendue s'applique aux signaux à fréquence unique f1 et f2. Le niveau des signaux individuels dans le signal composite ne peut différer de plus de 5 dB d'un signal à un autre. Noter que, lorsque les niveaux des signaux individuels sont proches de  $-2$  dBm0, le signal composite peut être écriété. Le niveau d'émission nominal est spécifié à  $-9 \pm 1$  dBm0.

Voir les Recommandations UIT-T Q.143 et Q.144.

**Système 6:**  $-18 \leq M \leq -6$  dBm0

NOTE 2 – Le niveau d'émission nominal est  $12 \pm \text{dBm}_0$ .

Voir la Rec. UIT-T Q.271.

**Système 7:**  $-18 \leq M \leq -6 \text{ dBm}_0$

NOTE 3 – Le niveau d'émission nominal est  $-12 \pm 1 \text{ dBm}_0$ .

Voir le paragraphe 7/Q.724.

Les niveaux ci-dessus sont conçus afin de garantir que l'annuleur d'écho fonctionnera avec des signaux qui occupent toute l'étendue de niveaux qui est indiquée dans les Recommandations de signalisation appropriées de l'UIT-T.

La réponse de l'annuleur d'écho devrait avoir une longueur suffisante pour assurer l'immunité aux dysfonctionnements dus aux signaux vocaux sans pour autant retarder inutilement l'apparition du signal dans le réseau.

### Spécification

Il convient que le niveau à l'accès  $S_{\text{out}}$ , tel qu'il est mesuré à l'aide de la méthode du § 6.4.1.2.1, ne varie pas de plus de 2 dB par rapport au niveau à l'accès  $S_{\text{in}}$ . 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 applicables**

Système 5	Système 6	Système 7
$2400 \pm 15 \text{ Hz}$	$2000 \pm 30 \text{ Hz}$	$2000 \pm 30 \text{ Hz}$
$2600 \pm 15 \text{ Hz}$		
$2400 \pm 15 \text{ Hz et } 2600 \pm 15 \text{ Hz}$		

#### 6.4.2.10 Essai 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 à l'accès  $S_{\text{out}}$  qui correspond au bruit reçu à l'accès  $S_{\text{in}}$ . 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 contrôler la capacité d'annulation d'écho, un affaiblissement ERL de 12 dB est utilisé pour l'ensemble de l'essai. Il convient que les étapes de cet essai soient appliquées successivement. Elles consistent à régler le niveau de  $S_{\text{gen}}$  à une valeur comprise entre  $-50 \text{ dBm}_0$  et  $-40 \text{ dBm}_0$ , à abaisser le niveau de  $S_{\text{gen}}$  de 10 dB, puis à augmenter le niveau de  $S_{\text{gen}}$  de 10 dB. Par conséquent, cet essai recouvre un domaine de fonctionnement pour  $L_{S_{\text{gen}}}$  entre  $-60 \text{ dBm}_0$  et  $-40 \text{ dBm}_0$ . Le niveau de  $R_{\text{in}}$  sera au niveau du silence ou à  $-10 \text{ dBm}_0$ . Du bruit blanc est utilisé pour tous les signaux d'entrée de cet essai. Il convient que le processeur NLP et l'option de bruit de confort soient activés.

##### 6.4.2.10.1 Partie 1 (adaptation)

- 1) Mettre  $L_{S_{\text{gen}}}$  à un niveau compris entre  $-50 \text{ dBm}_0$  et  $-40 \text{ dBm}_0$ .
- 2) Mettre  $L_{R_{\text{in}}}$  au niveau du silence ( $< -60 \text{ dBm}_0$ ) et maintenir cette valeur pendant 30 s.
- 3) Mettre  $L_{R_{\text{in}}}$  à  $-10 \text{ dBm}_0$ .
- 4) Mesurer  $L_{R_{\text{ET}}}$  après 2 s.

### Spécification

Pour toutes les valeurs de  $L_{S_{\text{gen}}}$ ,  $L_{R_{\text{ET}}}$  devrait être dans 2,0 dB de  $L_{S_{\text{gen}}}$ . De même, cette valeur devrait rester valide tant que le niveau de bruit  $L_{S_{\text{gen}}}$  reste constant.

#### 6.4.2.10.2 Partie 2 (ajustement par valeurs décroissantes)

- 1) Abaisser  $L_{S_{gen}}$  de 10 dB à partir du niveau indiqué dans la Partie 1.
- 2) Mettre  $L_{Rin}$  au niveau du silence ( $< -60$  dBm0) et maintenir cette valeur pendant 10 s.
- 3) Mettre  $L_{Rin}$  à  $-10$  dBm0.
- 4) Mesurer  $L_{RET}$  après 2 s.

#### Spécification

$L_{RET}$  devrait être dans 2,0 dB de  $L_{S_{gen}}$ . De même, cette valeur devrait rester valide tant que le niveau de bruit  $L_{S_{gen}}$  reste constant.

#### 6.4.2.10.3 Partie 3 (ajustement par valeurs croissantes)

- 1) Augmenter  $L_{S_{gen}}$  de 10 dB à partir du niveau de la Partie 2.
- 2) Mettre  $L_{Rin}$  au niveau du silence ( $< -60$  dBm0) et maintenir cette valeur pendant 10 s.
- 3) Mettre  $L_{Rin}$  à  $-10$  dBm0.
- 4) Mesurer  $L_{RET}$  après 2 s.

#### Spécification

$L_{RET}$  devrait être dans 2,0 dB de  $L_{S_{gen}}$ . De même, cette valeur devrait rester valide tant que le niveau de bruit  $L_{S_{gen}}$  reste constant.

#### 6.4.2.11 Essai 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 initiales de prise de contact d'une communication de télécopie et de s'assurer également que l'annuleur d'écho dispose de certains dispositifs pour empêcher la production 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 demandeur et l'essai 10B examine les caractéristiques de fonctionnement du côté demandé. L'essai 10C examine les caractéristiques de l'annuleur d'écho du côté demandeur pendant la transmission de la page.

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

Il convient que cet essai soit effectué après activation du dispositif d'annulation par tonalité conforme à la Rec. UIT-T G.165 ou à la présente Recommandation.

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*)

##### *Etats*

Signal	1100 Hz $\pm$ 38 Hz
Durée	Actif pendant 0,5 s, inactif pendant une durée de 3 s ( $\pm 15\%$ )

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

##### *Etats*

Signal	2100 Hz $\pm$ 15 Hz
Durée	2,6 s-4 s

## Séquences codées binaires

### Séquence n° 1 (poste demandé):

#### Trame d'indications non normalisées (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 d'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 set-up*):

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 d'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 Rec. UIT-T V.21).

### Caractéristiques

Débit de signalisation, synchrone	300 bit/s
Fréquence centrale de la bande	1750 Hz

Ecart de fréquences	$\pm 100$ Hz
Fréquences caractéristiques	1650/1850 Hz
Tolérances pour les fréquences caractéristiques	$\pm 6$ Hz

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

#### 6.4.2.11.1 Essai 10A: Fonctionnement de l'annuleur du côté 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 appliquées (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 mis à zéro et la valeur de  $L_{\text{Rin}}$  étant égale à  $-13$  dBm0 pendant l'ensemble de l'essai, les spécifications suivantes s'appliquent à toutes les valeurs d'affaiblissement d'adaptation pour l'écho (ERL)  $\geq 6$  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  $L_{\text{RES}}$  (voir § 6.4.1.2.2) soient inférieures ou égales à  $(-13 - A_{\text{ECHO}})$  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  $L_{\text{RES}}$  (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  $L_{\text{RES}}$  (voir § 6.4.1.2.2) soient inférieures ou égales à  $(-13 - A_{\text{ECHO}})$  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  $L_{\text{RES}}$  (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  $L_{\text{RET}}$  soient inférieures ou égales à  $-37$  dBm0 dans les Régions II et IV.

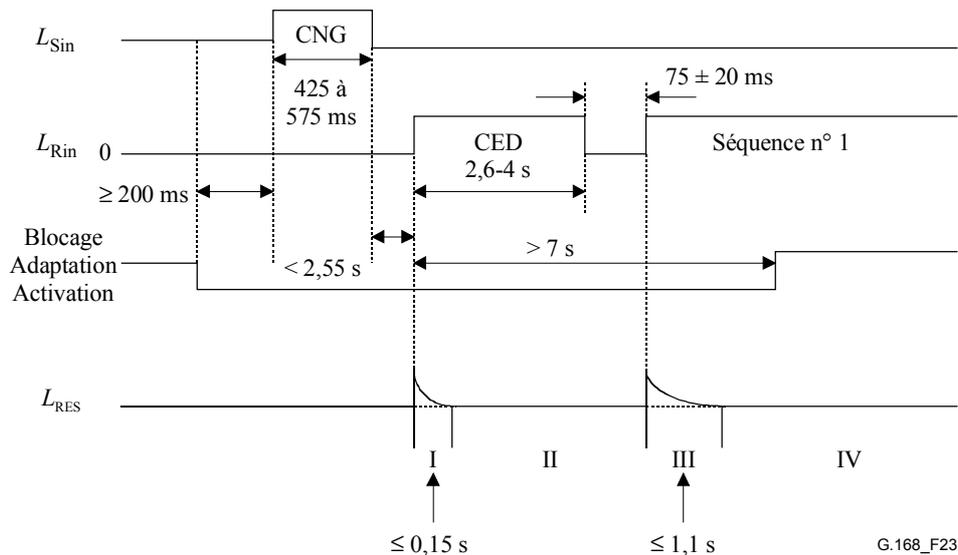


Figure 23/G.168 – Evolution des signaux dans le temps pour l'essai 10A

#### 6.4.2.11.2 Essai 10B: Fonctionnement de l'annuleur du côté 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 mis à zéro 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  $\geq 6$  dB et de retard de trajet d'écho  $t_d \leq \Delta$  ms. Il convient que l'essai dure 10 s au minimum. Répéter la séquence 2 si cela est nécessaire.

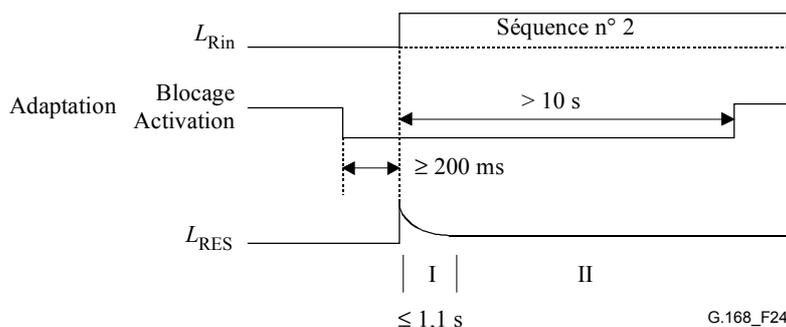
*Zone I (avec convergence en cours sur la séquence n° 2):*

- 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 complète 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.

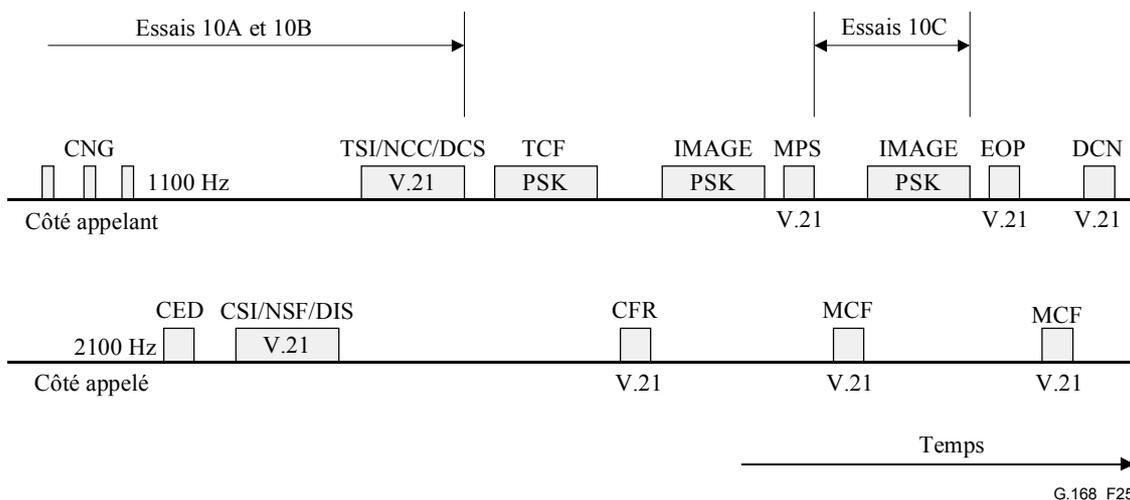


**Figure 24/G.168 – Evolution des signaux dans le temps pour l'essai 10B**

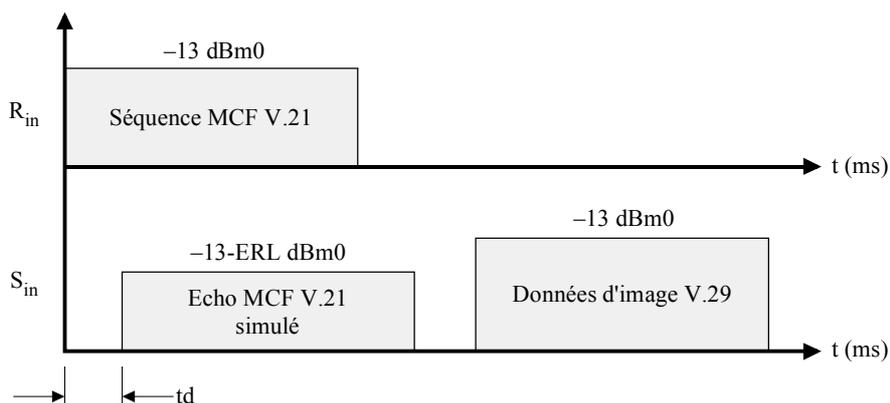
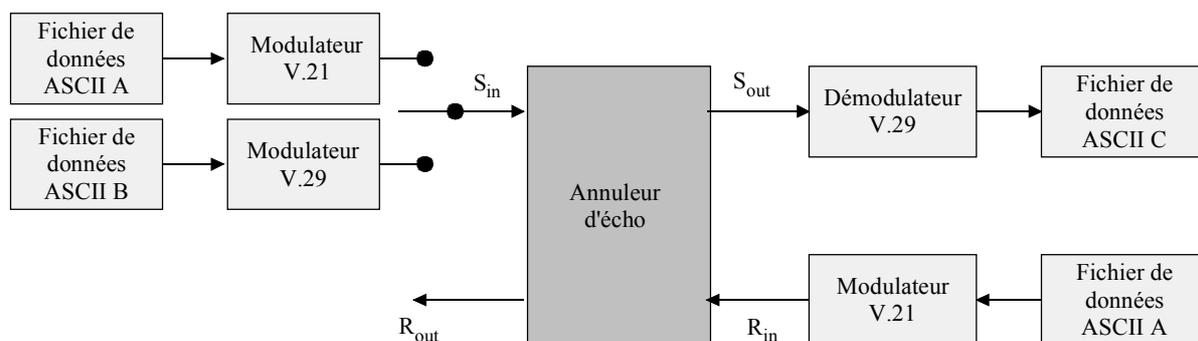
### 6.4.2.11.3 Essai 10C: Fonctionnement de l'annuleur du côté demandeur pendant la transmission des pages et les coupures de page (cet essai fera l'objet d'un complément d'étude)

La Figure 25 montre la séquence d'échange de messages pour une transmission typique de télécopie composée de 2 pages. La séquence commence par une procédure de prise de contact par échange de messages V.21. 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 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* ainsi que différentes relations de synchronisation entre les signaux de prise de contact (représentés par le modem V.21) et la transmission de pages (représentée par le modem V.29). La relation de synchronisation représentée à la Figure 26 a été conçue pour simuler le protocole réel de télécopie T.30.



**Figure 25/G.168 – Séquence d'échanges de messages pour une transmission typique de télécopie de 2 pages**



G.168\_F26

**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. Celle-ci est ensuite activée et l'annuleur est mis en convergence en envoyant un fichier de données A via le modulateur V.21 à l'accès  $R_{in}$  de l'annuleur d'écho (voir Figure 26). Cela 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  $\geq 6$  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) 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, une tonalité de protection contre l'écho (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 message TCF ou de données d'image. Dans le cas d'annuleurs d'écho, il facilite l'ouverture du processeur non linéaire (NLP) avant la transmission du message TCF ou de données d'image pour éviter toute corruption des données. Toutefois, de nombreuses réalisations 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 moins favorable.

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	Champ de commande	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 extrait du cédérom 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 feront 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 11 – Essai des annuleurs d'écho montés en cascade (cet essai fera l'objet d'un complément d'étude)

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

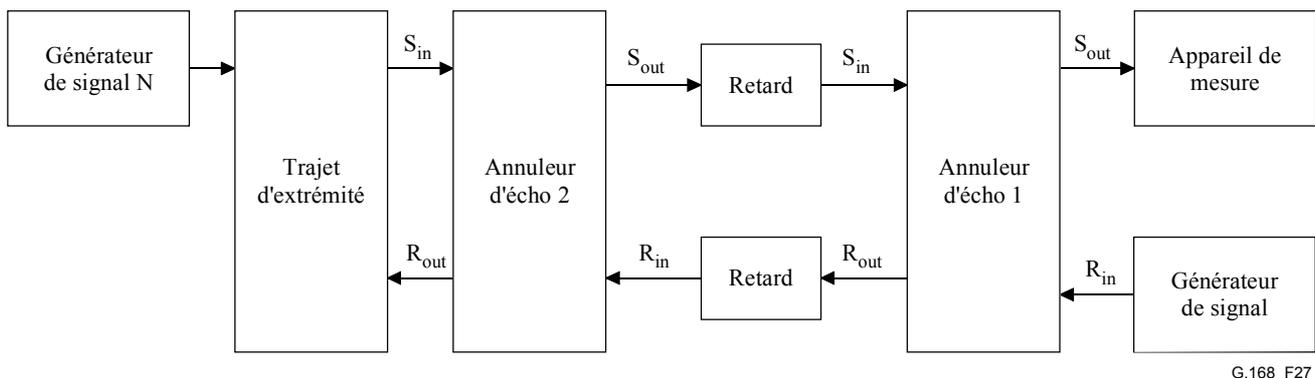


Figure 27/G.168 – Configuration d'essai 11

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

Cet essai est à l'étude. Voir § I.6.3 et I.6.3.1 et la Rec. UIT-T G.161 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 termes d'écho électrique ne sera pas trop dégradée en présence d'écho acoustique.

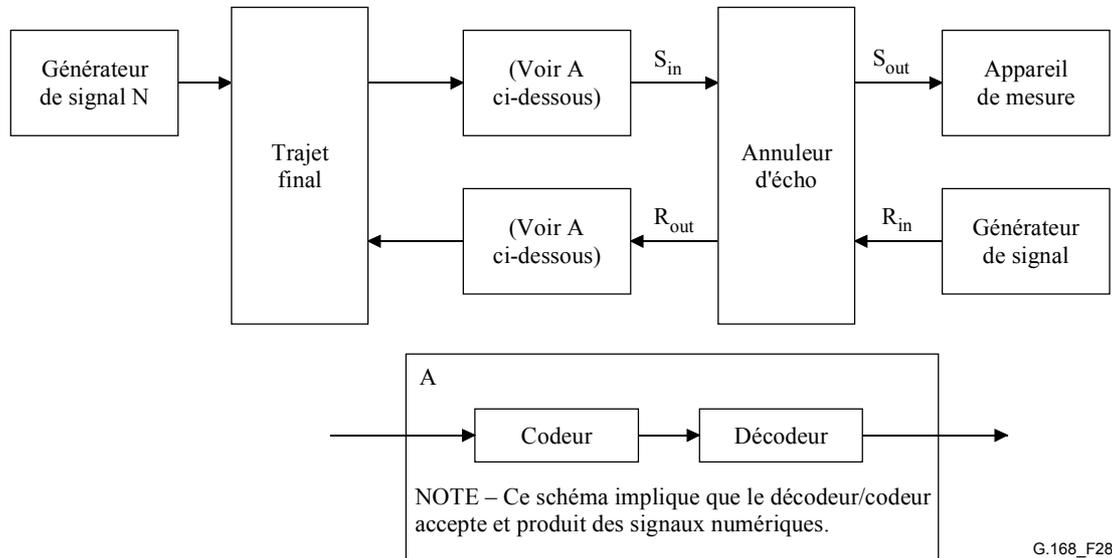
### 6.4.2.14 Essai 13 – Caractéristiques de fonctionnement avec des codeurs UIT-T à bas débit dans le trajet d'écho (facultatif, à l'étude)

Cet essai a pour objet de s'assurer que les annuleurs d'écho ne dégraderont pas les caractéristiques de fonctionnement du réseau lorsqu'un codeur UIT-T à bas débit est inclus, comme indiqué dans la spécification, dans le trajet d'écho d'un annuleur d'écho. Il y a lieu que l'utilisateur contrôle l'annuleur d'écho au moyen des codeurs UIT-T à bas débit indiqués qui peuvent apparaître dans le trajet d'écho de l'annuleur d'écho inséré dans le réseau de l'utilisateur. Voir § I.5.3 et I.5.4 et la

Rec. UIT-T G.161 pour de plus amples détails sur les codeurs UIT-T à bas débit et sur les non-linéarités dans le trajet d'écho.

La méthode d'essai consiste à placer l'annuleur d'écho dans la configuration d'essai de la Figure 28. Les essais 2A et 2B sont exécutés avec l'annuleur d'écho désactivé et la performance est enregistrée en tant que référence. Les essais 2A et 2B sont ensuite renouvelés avec l'annuleur d'écho activé.

L'incidence des codeurs à bas débit dans le trajet d'écho sur les caractéristiques de qualité de la parole fera l'objet d'un complément d'étude.



**Figure 28/G.168 – Configuration d'essai 13**

### Spécification

Pour les codeurs UIT-T indiqués, il y a lieu que la puissance d'écho résiduel mesurée avec l'annuleur d'écho activé soit égale ou inférieure à la référence mesurée avec l'annuleur d'écho désactivé. Par ailleurs, aucune crête (voir § 6.4.1.2.2) supérieure de 5 dB au niveau de retour d'écho mesuré n'est admise. Les codeurs auxquels cet essai est applicable doivent être indiqués par l'utilisateur.

NOTE – Cet essai inclut un trajet d'écho non linéaire. Voir § I.5.3, I.5.4 et I.6.3 ainsi que la Rec. UIT-T G.161 pour de plus amples détails à ce sujet.

#### 6.4.2.15 Essai 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), les signaux de données précédés d'une tonalité CED de 2100 Hz (sans inversions de phase comme spécifié dans la Rec. UIT-T V.25), y compris les modems V.22 *bis* et les textophones spécifiés dans les Annexes A-G de la Rec. UIT-T V.18. 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 29. Le registre H est mis à zéro, 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 coupleurs différentiels simulent la portée réelle des trajets d'écho que l'annuleur d'écho soumis aux essais est supposé pouvoir traiter.

Pour le coupleur 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.

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 Rec. UIT-T G.122, est obtenu.

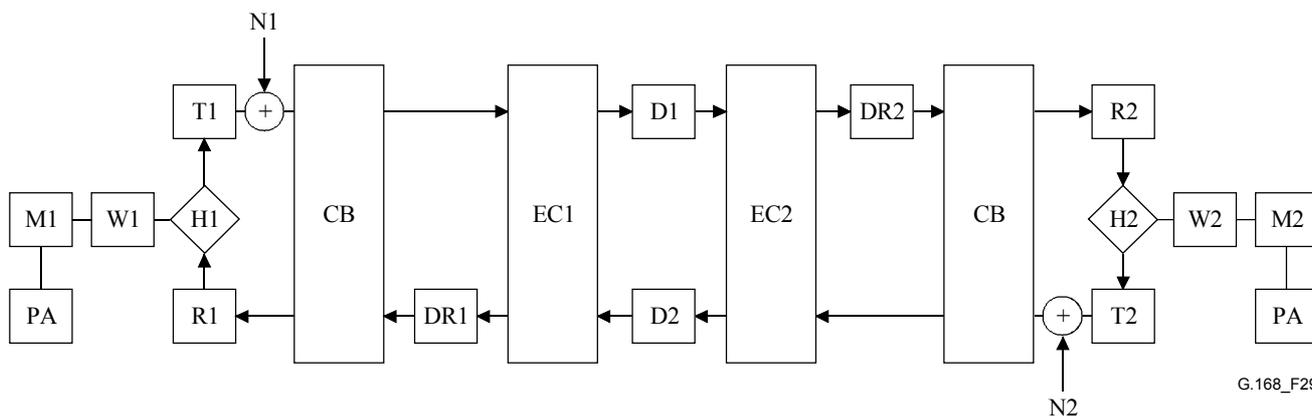
Il convient que les coupleurs différentiels et les simulateurs de câbles soient égaux de chaque côté du montage d'essai.

### 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 mis à zéro 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 d'annulation à l'état d'activation, lorsque des données sont échangées entre les deux terminaux pendant une durée d'au moins trois minutes.



CB	équipement d'extrémité de voies ( <i>channel bank</i> )	N1, N2	générateur de bruit
D1, D2	retard longue distance	PA	analyseur de protocole ( <i>protocol analyzer</i> )
DR1, DR2	retard du trajet d'écho	R1, R2	ligne d'affaiblissement de réception
EC1, EC2	annuleur d'écho	T1, T2	ligne d'affaiblissement d'émission
H1, H2	coupleur différentiel	W1, W2	simulateur de ligne
M1, M2	modem soumis aux essais		

**Figure 29/G.168 – Configuration d'essai 14**

#### 6.4.2.16 Essai 15 – Essai de variations du signal codé en MIC (facultatif)

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  $S_{in}$  ou dans le signal de parole appliqué en  $R_{in}$ .

La variation MIC est un niveau apériodique, fixe et brouilleur dans le signal  $S_{in}$  relativement au signal  $R_{out}$ , ou dans le signal  $R_{in}$  lui-même. Elle peut être provoquée par certains équipements de réseau comme les convertisseurs analogiques/numérique 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 les erreurs suivantes:

##### Partie 1

Appliquer une erreur de variation MIC au signal  $S_{in}$  relativement au signal  $R_{in}$  comme indiqué dans la Figure 30. Selon la préférence des utilisateurs, la variation MIC peut être injectée au point A (domaine linéaire) ou au point B (domaine loi  $A/\mu$ ).

NOTE 1 – L'injection de la variation au point B n'est pas une opération linéaire.

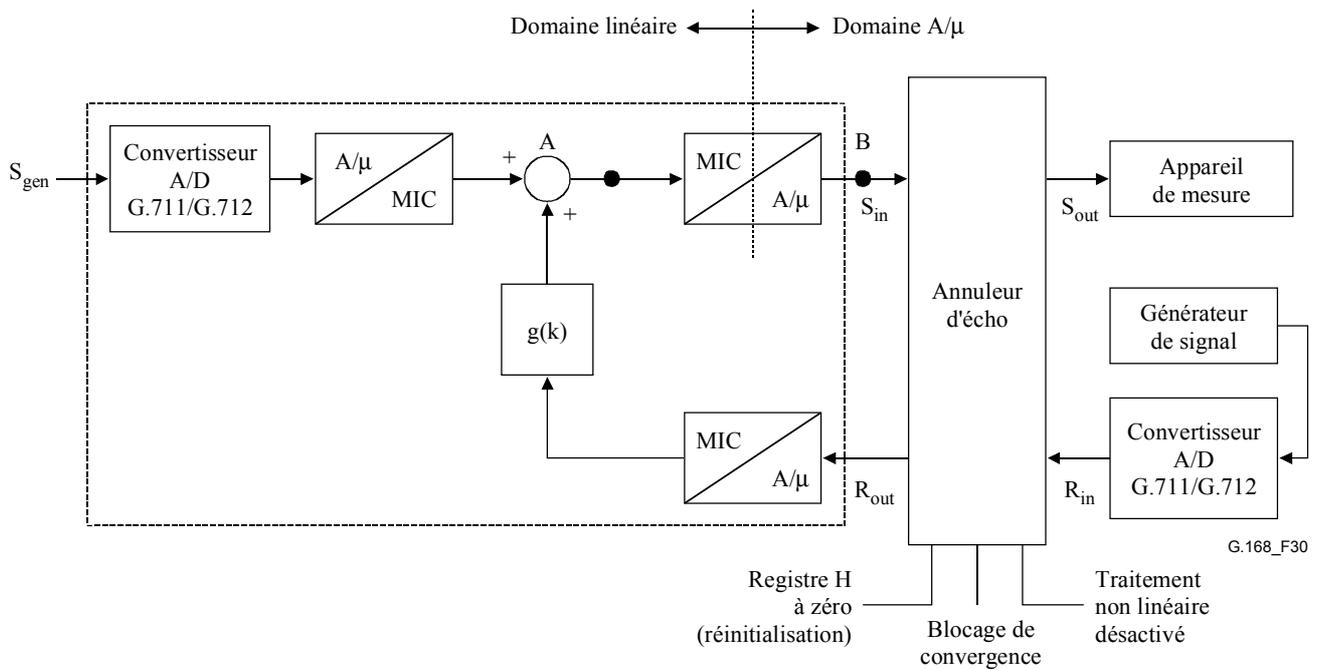


Figure 30/G.168 – Configuration de l'essai de variation MIC du signal  $S_{in}$

## Partie 2

Appliquer une erreur de variation MIC au signal  $R_{in}$  comme indiqué dans la Figure 31. Selon la préférence des utilisateurs, la variation MIC peut être injectée au point A (domaine linéaire) ou au point B (domaine loi  $A/\mu$ ).

NOTE 2 – L'injection de la variation au point B n'est pas une opération linéaire.

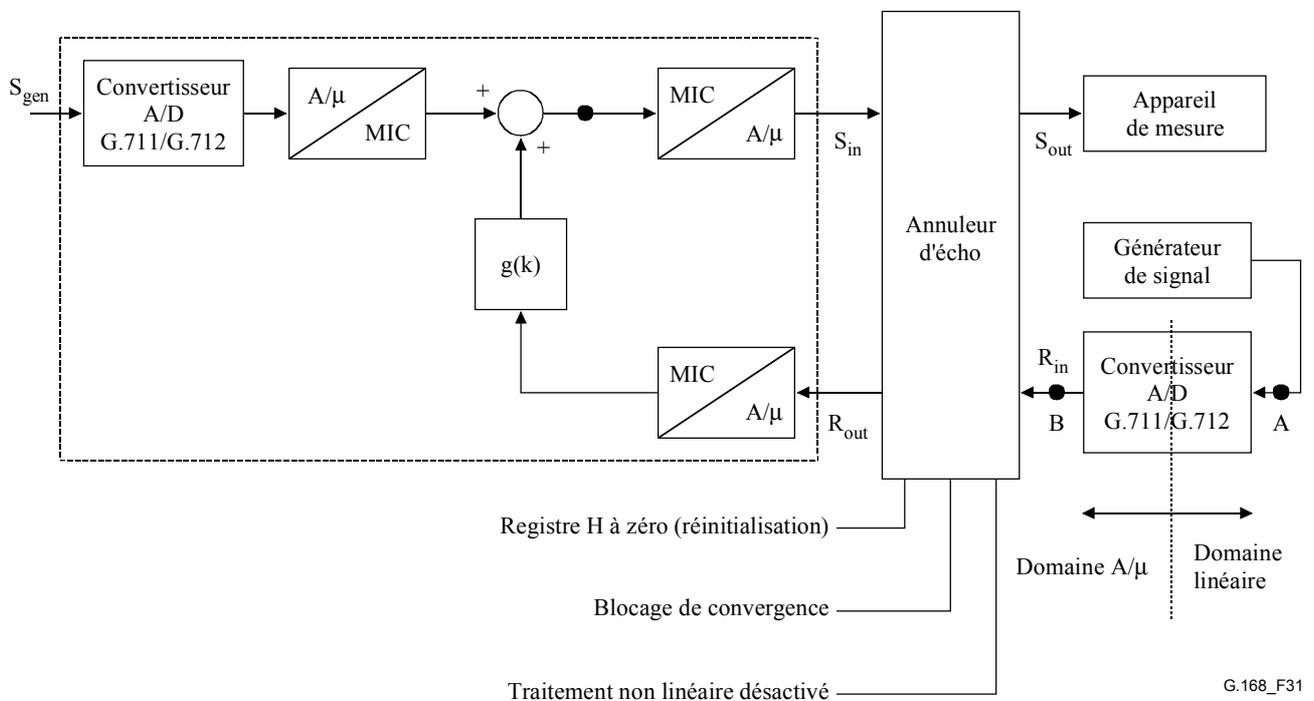


Figure 31/G.168 – Configuration de l'essai de variation MIC du signal  $R_{in}$

Le niveau à l'accès  $R_{in}$  dans la spécification d'essai est  $L_{Rin,act}$ . C'est la mesure du niveau du signal au moyen de la méthode quadratique dans la partie active du signal CSS seulement (c'est-à-dire à l'exclusion de la pause du signal CSS) comme décrit au § 6.4.1.2.

### Spécification

Pour les deux parties 1 et 2 ci-dessus, avec le registre H initialement mis à zéro, ou en variante, avec un trajet d'écho ouvert donnant  $S_{in} = 0$ , le contenu du registre H est mis en convergence puis l'adaptation est bloquée, une variation apériodique est ensuite injectée soit au point A soit au point B des Figures 30 et 31 au niveau de  $-40$  dBm0. Avec le processeur NLP désactivé, pour toutes les valeurs  $L_{Rin,act} \geq -30$  dBm0 et  $\leq 0$  dBm0 et pour toutes les valeurs de ERL  $\geq 6$  dB et avec un retard de trajet d'écho,  $t_d \leq \Delta$  ms, l'affaiblissement  $L_{Rin,act} - L_{RES}$  devrait être supérieur ou égal à la valeur indiquée dans la Figure 12. Le niveau à l'accès  $S_{out}$  est mesuré au moyen d'un hypsomètre conforme aux caractéristiques du § 6.4.1.2.1. Par ailleurs, aucune crête (voir § 6.4.1.2.2) dépassant de 5 dB les spécifications contenues dans la Figure 11 n'est admise.

La variable  $L_{Rin,act} - L_{RES}$  contenue dans la Figure 12 peut être remplacée par la variable  $L_{Sin} - L_{Sout} + ERL$ , dans laquelle  $L_{Sin}$  et  $L_{Sout}$  sont les niveaux de  $S_{in}$  et  $S_{out}$  respectivement. Les niveaux de signal  $L_{Sin}$  et  $L_{Sout}$  sont mesurés au moyen de l'appareil de mesure décrit au § 6.4.1.2.1 et devraient être synchronisés. L'affaiblissement ERL est la valeur choisie au cours de l'essai. Cette méthode peut également être utilisée afin d'observer la convergence sous forme d'un graphe continu en fonction du temps.

NOTE 3 – La méthode indiquée dans l'alinéa précédent tient compte d'une éventuelle dispersion dans le trajet d'écho, mais ne tient pas compte d'une éventuelle dispersion présente entre les accès  $S_{in}$  et  $S_{out}$  de l'annuleur d'écho.

NOTE 4 – Etant donné que l'hypsomètre comporte un filtre passe-bande, cet essai n'implique pas que l'annuleur d'écho doive supprimer la variation apériodique.

NOTE 5 – Cet essai comporte trajet d'écho non linéaire. Voir § I.5.3 et I.5.4 et la Rec. UIT-T G.161 pour de plus amples détails à ce sujet.

## 7 Caractéristiques d'un dispositif d'annulation par tonalité d'annuleur d'écho

### 7.1 Généralités

Il convient que les annuleurs d'écho traités par la présente Recommandation de l'UIT-T soient équipés d'un détecteur de tonalité satisfaisant les spécifications énumérées dans le présent 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 d'annulation par tonalité détecte et réagisse à un signal d'annulation 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 32. Les caractéristiques du dispositif d'annulation 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 paragraphe.

Le terme "neutralisé" utilisé dans le présent 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 § 6.4.1. Il convient cependant, qu'aucune relation ne soit établie entre les caractéristiques du circuit avant et après l'annulation. Tout d'abord, le fonctionnement des annuleurs d'écho avec des tonalités d'entrée (telles que la tonalité d'annulation) n'est pas spécifié. Ensuite, la réponse en impulsion enregistrée dans l'annuleur d'écho avant la convergence (et avant l'émission de la tonalité d'annulation) 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 d'annulation 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 d'annulation, 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 d'annulation et de commencer le comptage.

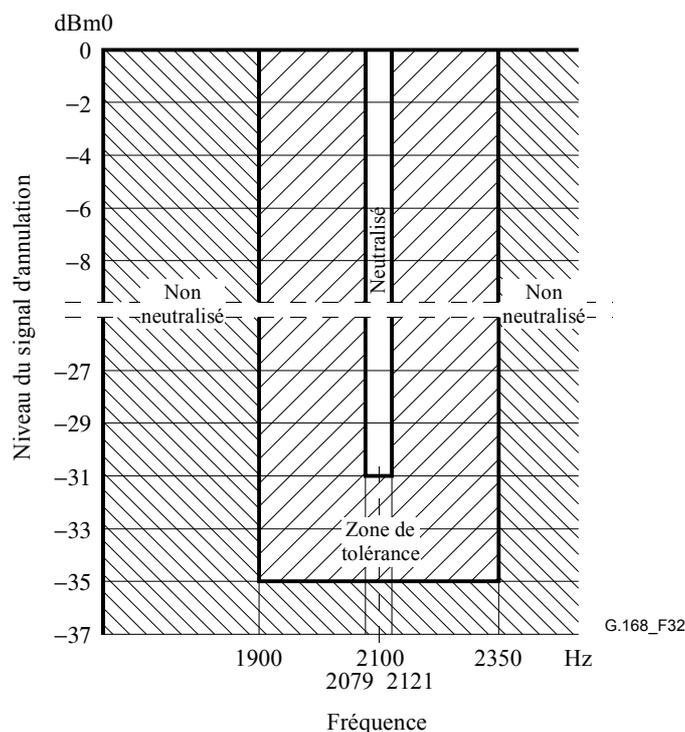
Il convient de noter que l'annuleur d'écho doit assurer l'intégrité de séquence binaire à 64 kbit/s lorsqu'il est neutralisé.

## 7.2 Caractéristiques du dispositif d'annulation

Le détecteur de tonalité doit fonctionner dans la gamme de fréquence de 2100 Hz  $\pm$  21 Hz (voir la Rec. UIT-T V.21). 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 d'annulation 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 d'annulation. Les caractéristiques de bande indiquées dans la Figure 32 permettront l'annulation par la tonalité d'annulation 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 **doit** pouvoir intervenir dans la bande de 1900 Hz à 2350 Hz.

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

L'étendue dynamique du détecteur doit être compatible avec les niveaux d'entrée spécifiés dans la Rec. UIT-T V.2 avec les tolérances de variation due au réseau téléphonique public commuté.



**Figure 32/G.168 – Caractéristiques requises de la bande d'annulation**

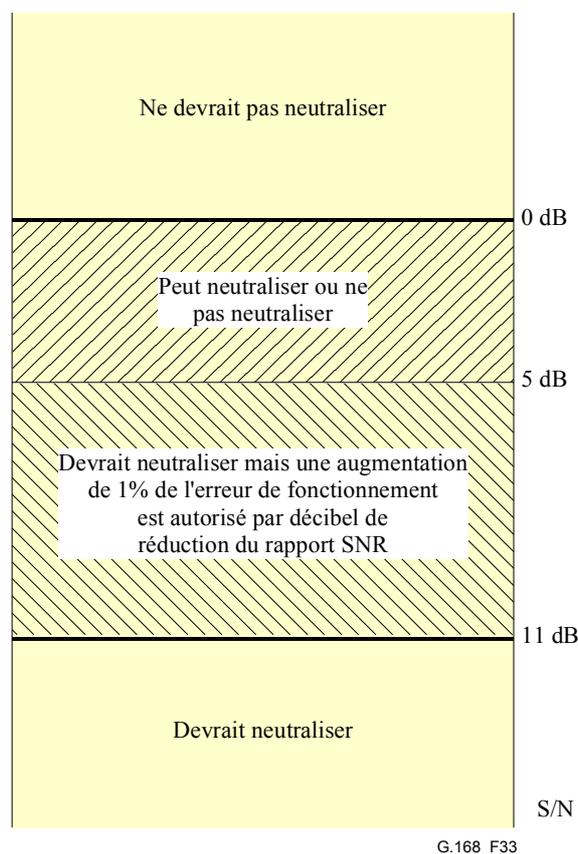
### 7.2.1 Détection d'inversion de phase

Le dispositif d'annulation d'annuleur d'écho nécessite la détection d'une tonalité à 2100 Hz avec des inversions de phase se produisant toutes les  $450 \pm 25$  ms. Les caractéristiques du signal transmis sont définies dans les Recommandations UIT-T V.25 et V.8. Il convient que des déphasages dans la gamme de valeurs de  $180^\circ \pm 25^\circ$  soient détectés alors qu'il convient que les déphasages dans la gamme de  $0^\circ \pm 110^\circ$  ne soient pas détectés. Cette restriction vise à minimiser la probabilité de désactivation intempestive de l'annuleur d'écho due à des déphasages des courants vocaux et induits par le réseau. L'étendue de  $\pm 110^\circ$  représente à peu près le déphasage causé dans un système MIC par le glissement d'une seule trame.

### 7.3 Caractéristiques de la bande de garde

L'énergie dans la bande des fréquences vocales, à l'exclusion de la bande d'annulation, doit être utilisée en opposition avec l'annulation de façon que la parole n'active pas intempestivement le neutraliseur par tonalité. La bande de garde devrait être assez large et de sensibilité telle que l'énergie du signal de parole en dehors de la bande d'annulation soit utilisée. La sensibilité et la forme de la bande de garde ne doivent pas être telles que le bruit de circuit maximal au repos ou en trafic empêche l'annulation. Dans la spécification, un bruit blanc est utilisé afin de simuler la parole et le bruit de circuit. La spécification est donc la suivante:

étant donné qu'un bruit blanc (dans une bande d'environ 300-3400 Hz) est appliqué au neutraliseur par tonalité simultanément avec un signal à 2100 Hz, la tonalité de 2100 Hz est appliquée à un niveau de 3 dB au-dessus du seuil de neutralisation à mi-bande. Le niveau d'énergie de bruit blanc requis afin d'empêcher l'annulation ne devrait pas être supérieur au niveau de la tonalité de 2100 Hz et non inférieur à un niveau de 5 dB au-dessous du niveau de la tonalité de 2100 Hz. Lorsque le niveau de la tonalité de 2100 Hz est augmenté dans l'étendue des niveaux jusqu'à 30 dB au-dessus du seuil de neutralisation à mi-bande, le niveau d'énergie de bruit blanc requis afin d'empêcher l'annulation devrait toujours être inférieur au niveau de la tonalité de 2100 Hz. Ces spécifications, associées à celles de la tolérance de bruit figurant au § 7.3.1, sont illustrées dans la Figure 33.



**Figure 33/G.168 – Prescriptions relatives à la bande de garde et à la tolérance de bruit**

NOTE – La possibilité de brouillages pendant la détection de la période d'inversion de phase a été prise en compte. Une source de brouillages possible est la présence d'une tonalité d'appel comme spécifié dans la Rec. UIT-T V.25. Si la tonalité d'appel brouille la détection de l'inversion de phase, toute la séquence de détection d'annulation est réitérée, mais une seule fois. La Rec. UIT-T V.25 garantit au moins une seconde de silence entre salves de tonalités d'appel.

### 7.3.1 Tolérance de bruit

Le détecteur devrait fonctionner correctement avec un bruit blanc inférieur ou égal à 11 dB au-dessous du niveau du tonalité de 2100 Hz. Aucune directive définitive ne peut être indiquée pour l'étendue des signaux entre 5 et 11 dB en raison des variations de l'appareillage d'essai utilisé. En particulier, la performance peut varier selon le rapport crête à moyenne du générateur de bruit utilisé. A titre de directive générale, cependant, le pourcentage de fonctionnement correct (détection de déphasages de  $180^\circ \pm 25^\circ$  et non-détection de déphasages de  $0^\circ \pm 110^\circ$ ) ne devrait pas diminuer de plus de 1% pour chaque réduction d'un décibel du rapport signal sur bruit au-dessous de 11 dB. Il est noté qu'il est possible de concevoir un détecteur capable de fonctionner correctement 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 l'annulation 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 Hz

et 700 Hz ayant un niveau de  $-27$  dBm0 ou davantage et entre 700 Hz et 3000 Hz ayant un niveau de  $-31$  dBm0 ou davantage. Il convient que le dispositif d'annulation par tonalité relâche pour n'importe quel signal dans la bande comprise entre 200 et 3400 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 d'annulation. Un temps de réaction inférieur à une seconde est exigé du dispositif d'annulation par tonalité à compter de la réception du signal d'annulation. Ce temps de réaction d'une seconde permet de détecter la tonalité de 2100 Hz et garantit que deux inversions de phase se produiront.

### **7.6 Fausses détections dues à des courants vocaux**

Il est souhaitable que le dispositif d'annulation par tonalité ne fasse que rarement de 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 h. Outre la protection contre les silences fournie par la largeur de bande des canaux d'annulation, 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 d'annulation est interrompue en raison des pauses intersyllabes avant que l'annulation intervienne, il convient de réinitialiser le mécanisme de temps de réaction. Cependant, l'absence momentanée ou le changement de niveau d'un signal d'annulation 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 d'annulation par tonalité ne fasse que rarement de fausses détections sur des signaux de données provenant d'ensembles de données pour lesquels l'annulation 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 h de transmission de données.

A cette fin, dans le neutraliseur par tonalité de référence décrit dans l'Annexe B/G.165, qui répond aux exigences ci-dessus, les circuits de neutralisation par tonalité deviennent inopérants si l'on détecte une seconde de tonalité de 2100 Hz normale (c'est-à-dire sans inversion de phase ni d'autre brouillage). Le circuit détecteur reste inopérant pendant la transmission de données et ne redevient opérationnel que  $250 \pm 150$  ms après qu'un signal de la bande de maintien tombe à 3 dB au moins au-dessous de la sensibilité de maintien maximale. La probabilité de désactivation intempestive de l'annuleur d'écho en cours de transmission de télécopie ou de données en bande vocale à bas débit ( $< 9,6$  kbit/s) est donc minimisée.

### **7.8 Temps de libération**

Il convient que le dispositif d'annulation 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 l'annulation accidentelle par de la parole, il convient qu'il se libère en moins de  $250 \text{ ms} \pm 150 \text{ ms}$  après qu'un signal est 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 d'annulation et l'écho de la tonalité d'appel peuvent tous deux perturber la détection de la tonalité d'annulation de l'annuleur d'écho. Ainsi, il n'est pas recommandé d'ajouter 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 d'annulation. 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 ainsi que pour diminuer la probabilité de déclenchement intempestif du neutraliseur par des signaux de parole ou de données.

## 8 Processeurs non linéaires utilisés dans les annuleurs d'écho

### 8.1 Domaine d'application

Pour les besoins de la présente Recommandation de l'UIT-T, le terme "processeur non linéaire" ne désignera que les dispositifs entrant dans le cadre des définitions données au § 3.19 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. Théoriquement, 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 § 3.22) 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 § 3.23) 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 peuvent ne pas être en mesure de trouver de modèle d'écho satisfaisant pour les trajets d'écho produisant des niveaux importants de distorsion non linéaire (voir la Rec. UIT-T G.161). Une telle distorsion, par exemple, dans des réseaux conformes à la Rec. UIT-T G.113 dans lesquels jusqu'à cinq couples de codecs MIC (conformément à la Rec. UIT-T G.712) 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 de l'amélioration 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 annulé. 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 conversation simultanée ou de monologue du côté annulé. 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 conversation 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. Cela 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. Cela 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 au § 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 annulé. 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 du côté annulé, il est recommandé qu'ils soient inactifs lors de la présence de parole provenant du côté annulé. 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 34 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 ( $T_{WZ}$ ). 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 conversation simultanée ou de la présence de parole provenant du côté annulé. Une détection approximative de la conversation simultanée, associée à un niveau de seuil de suppression élevé, entraînera une distorsion de la parole du côté annulé. L'annuleur d'écho présente alors certaines des caractéristiques du suppresseur d'écho. Un faible niveau de suppression facilite la conversation simultanée, même si une erreur de détection est commise, étant donné que la parole du côté annulé 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.

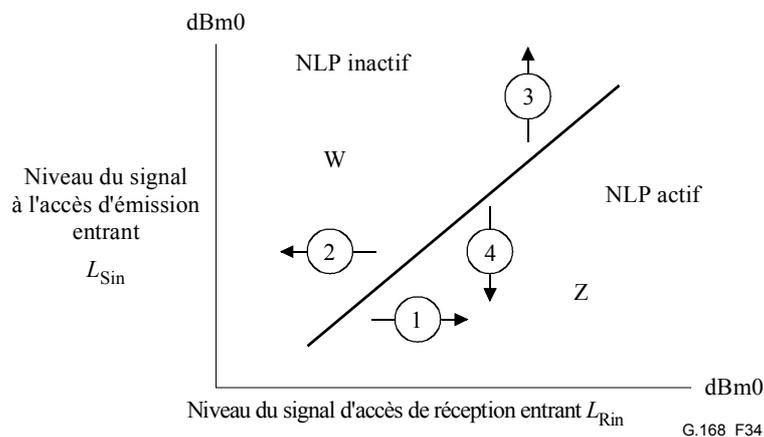


Figure 34/G.168 – Zones de fonctionnement du processeur non linéaire

### 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 34.

### **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 du côté annulé 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 du côté non annulé.

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

Cette transition reproduit le début de la conversation 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 du côté annulé.

### **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 de réalisation 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 Rec. UIT-T G.164. Cependant, selon le type particulier d'implémentation du processeur non linéaire, les transitions entre les zones W et Z de la Figure 34 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 Rec. 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. Les essais de la présente Recommandation 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 présente Recommandation (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**

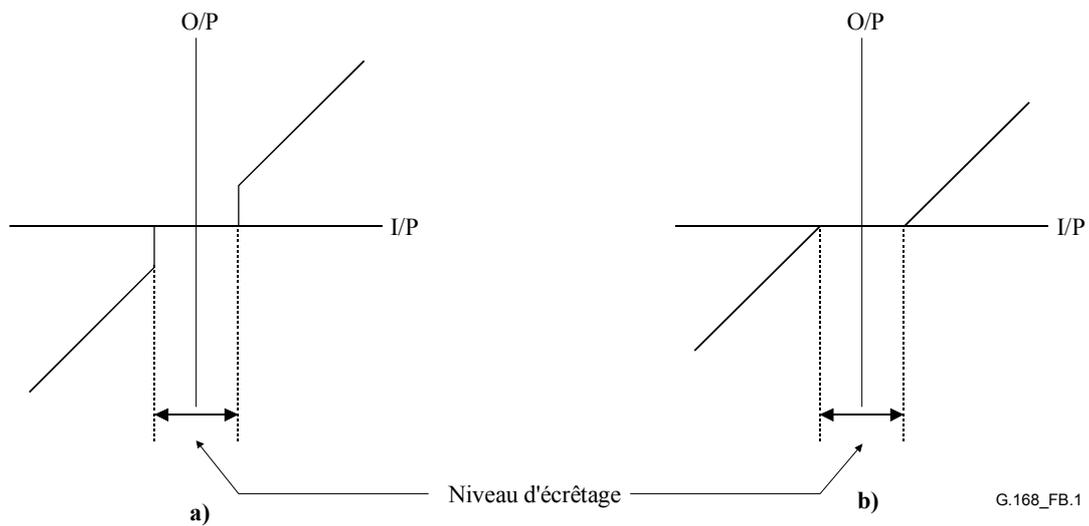
*L'ancienne Annexe A de la version 2000 a été supprimée. Les informations et prescriptions qui y figuraient ont été transférées au paragraphe 7 de la présente Recommandation.*

## **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 réalisations. 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  $N$  fera l'objet d'un complément d'étude.



G.168\_FB.1

**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 fera 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 34.

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

Limite		Signal initial		Signal final		Valeur recommandée (ms)	Numéro d'essais (UIT-T G.164)	Changement de zone (voir Figure 34)	Circuit d'essai, Figure:	Trace de l'oscilloscope
		Emission L <sub>Sin</sub> (dBm0)	Réception L <sub>Rin</sub> (dBm0)	Emission L <sub>Sin</sub> (dBm0)	Réception L <sub>Rin</sub> (dBm0)					
	Fixe	-25	-10	-25	-30	15-64				
Z/W	Adaptive	-55	-20	-55	-40	Δ	5	Transition 2	14/G.164	Trace 1 et trace 2 de la Figure B.3 (β)
		-40	-15	-40	-40					
-30	-5	-30	-30							
	Fixe	-15	-25	-40	-25	16-120				
W/Z	Adaptive	-40	-50	-55	-50	30-50	6	Transition 4	17/G.164	Trace 1 et trace 2 de la Figure B.2 (β)
		-40	-30	-55	-30					
		-25	-15	-40	-15					

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

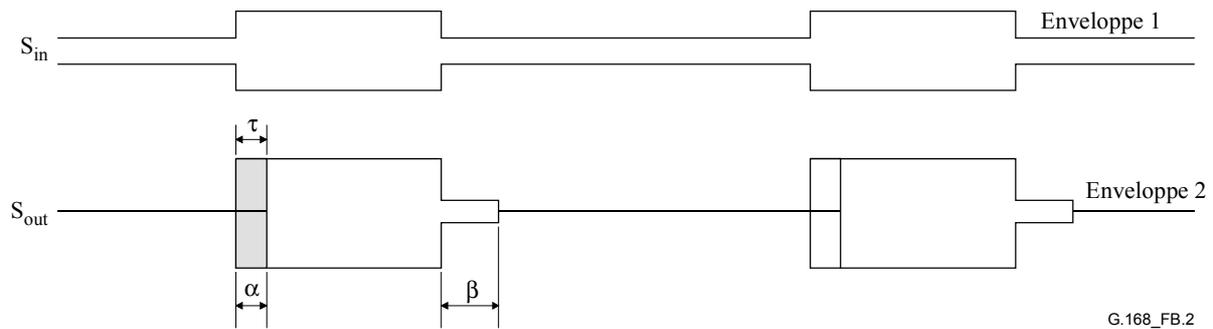
Limite		Signal initial		Signal final		Valeur recommandée (ms)	Numéro d'essais (UIT-T G.164)	Changement de zone (voir la Figure 34)	Circuit d'essai, Figure:	Trace de l'oscilloscope
		Emission L <sub>Sin</sub> (dBm0)	Réception L <sub>Rin</sub> (dBm0)	Emission L <sub>Sin</sub> (dBm0)	Réception L <sub>Rin</sub> (dBm0)					
	Fixe	-25	-30	-25	-10	16-120				
W/Z	Adaptive	-55	-40	-55	-20	15-75	4	Transition 1	14/G.164	Trace 2 de la Figure B.3 (α)
		-40	-40	-40	-15					
-30	-30	-30	-5							
	Fixe	-40	-25	-15	-25	≤ 1				
Z/W	Adaptive	-55	-50	-40	-50	≤ 5	6	Transition 3	17/G.164	Trace 2 de la Figure B.2 (α)
		-55	-30	-40	-30					
		-40	-15	-25	-15					

## B.5 Limites de fréquence des voies de commande

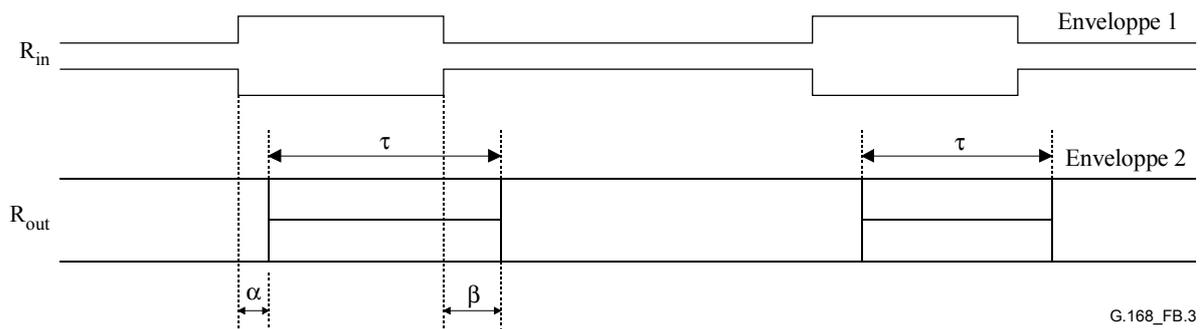
Voir le paragraphe 8.2.4.

## B.6 Essais

Les Tableaux B.1 et B.2 indiquent, par référence à la Rec. UIT-T G.164, 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**



$\alpha$  temps de réaction  
 $\beta$  temps de maintien  
 $\tau$  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**

## Annexe C

### Signaux de 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 source composite utilisés pour essayer les annuleurs d'écho de parole dans le réseau en situation de monologue et de conversation simultanée. La définition exacte de ces signaux fait partie de la Rec. UIT-T P.501 sur les signaux d'essai devant être utilisés pour la téléphonométrie (pour plus de détails, voir la référence [1] au § I.9). Tout d'abord, on décrit de façon générale les signaux de source composite. Les paragraphes suivants donnent la définition exacte des deux signaux pour l'essai des annuleurs d'écho dans le cas de conversation simultanée et également dans celui de monologue. 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.

#### C.2 Signal de source composite – Considérations générales

##### C.2.1 Description générale des différentes séquences

Les signaux de 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 Rec. UIT-T P.50*

La partie voisée du signal CSS 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 fréquentiel selon l'équation suivante:

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

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  $\pi$  ou à 0 pour chaque fréquence, ce qui correspond à une séquence aléatoire. Cependant, afin de réaliser une pondération différente dans le domaine fréquentiel, 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:

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

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 CSS 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 CSS est une pause de parole. En ce qui concerne le signal CSS 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 source composite soient inversées en amplitude lors des répétitions (déplacement de phase à 180°).

## **C.2.2 Calcul et analyse utilisant des signaux de 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 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 production 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 production des signaux;

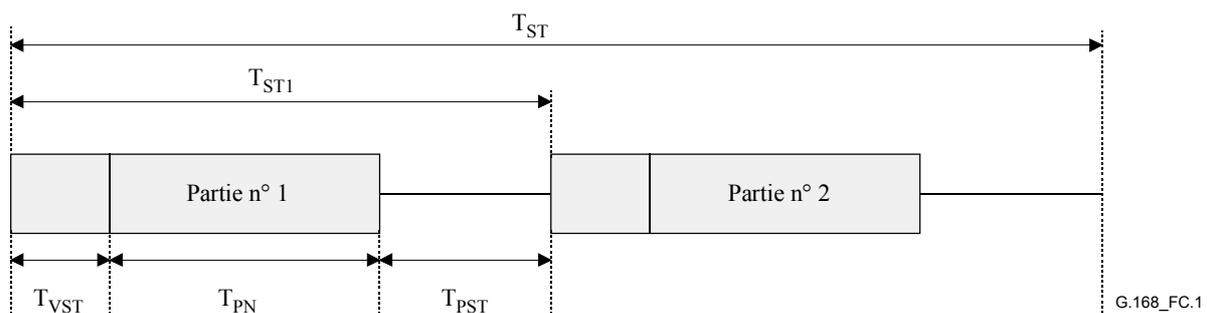
- la fenêtre rectangulaire;
- l'absence de chevauchement;
- le moyennage effectué sur **l'ensemble de la séquence (reproduite de façon cyclique)**, incluant les sons voisés, les séquences de pseudo-bruit et les pauses de parole;
- l'évaluation du niveau effectuée à partir de la densité spectrale de puissance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

### C.3 Signal CSS 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 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 conversation 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 source composite ont été adaptés de cette façon pour reproduire la densité spectrale de puissance de la parole réelle.

#### C.3.1 Signal CSS pour le monologue

La Figure C.1 indique le principe de constitution du signal CSS pour le monologue.



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

**Figure C.1/G.168 – Signal CSS 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 l'écart quadratique moyen du signal voisé soit égal à celui 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.

$$H(k) = \begin{cases} W(k) \cdot e^{j \cdot i_k \cdot \pi}; k = -928, \dots, +928 \text{ except } 0, i_k \in \{+1, 0\}, \text{ random}, i_k = -i - k \\ 0 \text{ else} \end{cases} \quad (\text{C.3-1})$$

Selon la formule décrite ci-dessus (C.2-2), le signal temporel est calculé par transformée de Fourier inverse. Cette séquence se répète 4,307 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 ± 1dB.

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 fréquentiel 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.

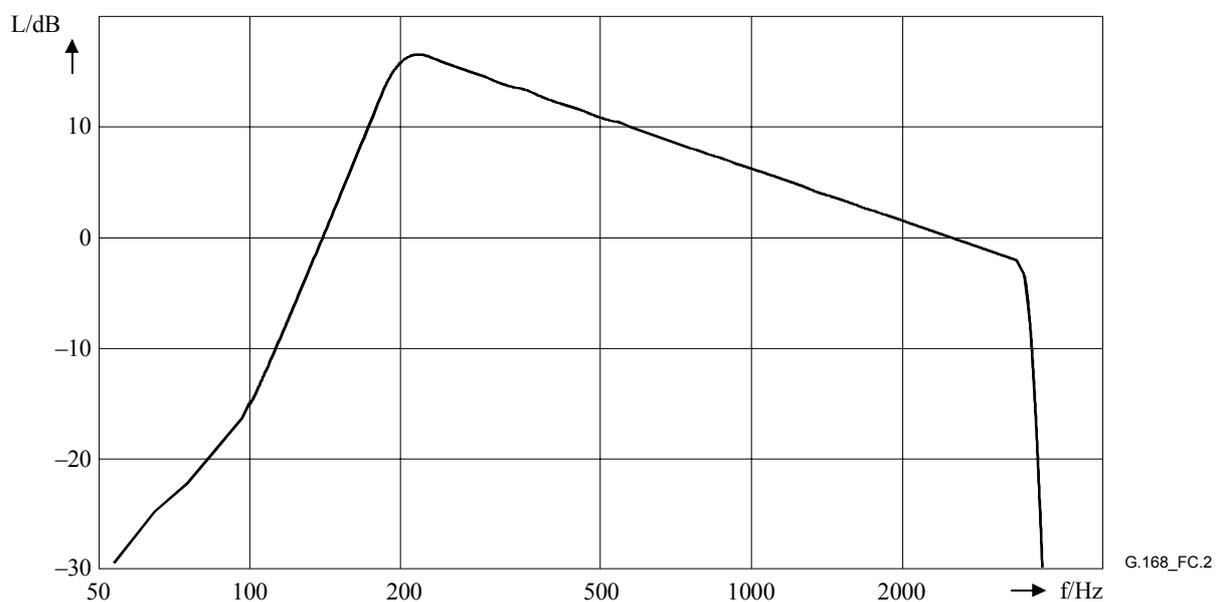
*Signal de pseudo-bruit produit en utilisant la transformée de Fourier rapide à 8192 points*

Selon la formule décrite ci-dessus (C.2-2), le signal temporel est calculé par transformée de Fourier inverse. Cette séquence se répète 1,077 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 dB ± 1dB.

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 moyenne quadratique 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  $> 60$  dB, l'ondulation dans la bande devant être  $< \pm 0,2$  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 annuleurs 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 CSS de bande limitée pour la simulation de conversation simultanée**

La séquence de conversation simultanée est produite de la même façon que le signal de monologue. La Figure C.7 montre le principe de constitution d'un signal de conversation simultanée. Cependant, les durées du signal voisé et de la pause sont légèrement différentes pour obtenir un état caractéristique de la conversation 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 conversation simultanée est faible. Cela 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 conversation 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 conversation 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 conversation 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	
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*

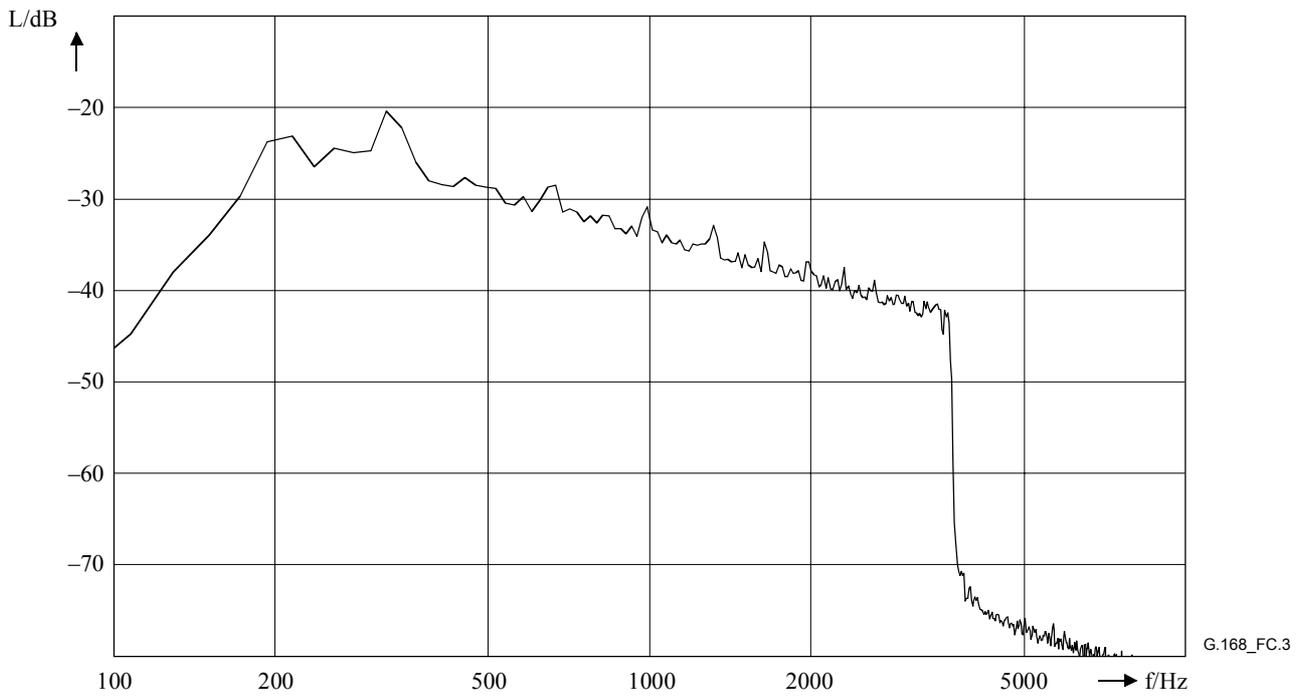
Le bruit aléatoire est un bruit blanc gaussien à bande limitée de 20 kHz. Le facteur de crête du signal est de  $12 \pm 1$  dB. L'écart quadratique moyen du bruit aléatoire à bande limitée doit être identique à celle du signal voisé.

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 le même écart quadratique moyen pour le bruit aléatoire à bande limitée.

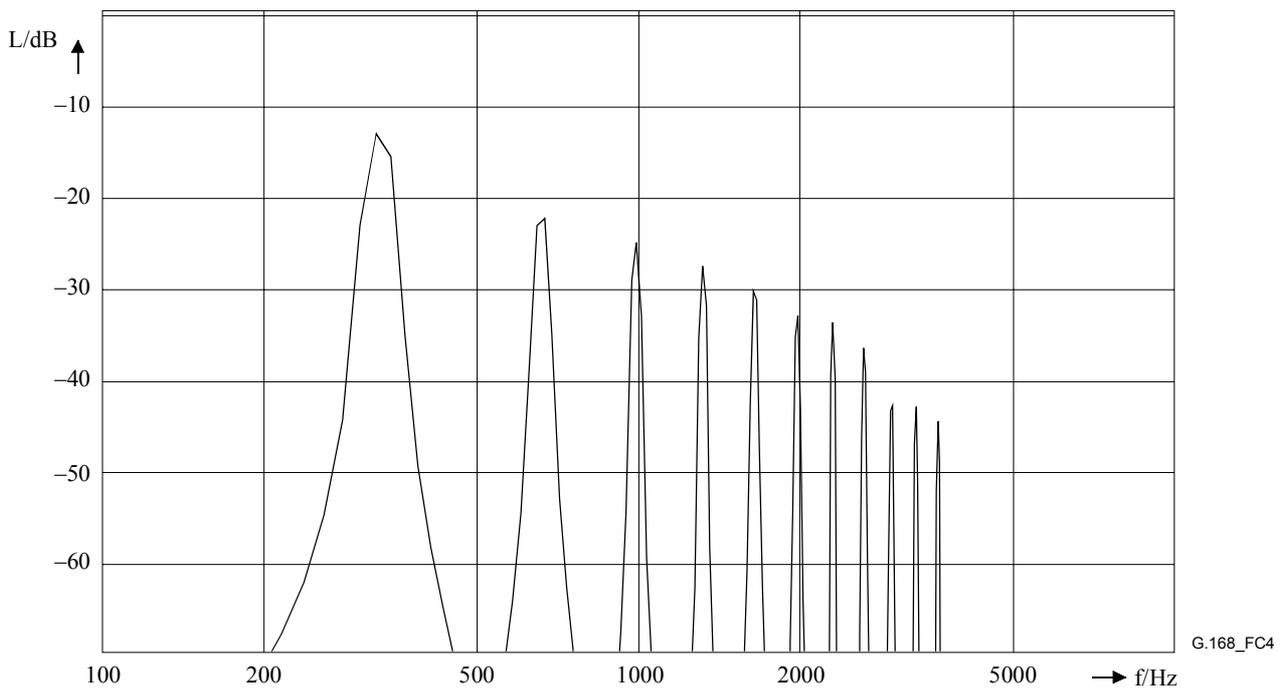
#### *Pause de parole*

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.

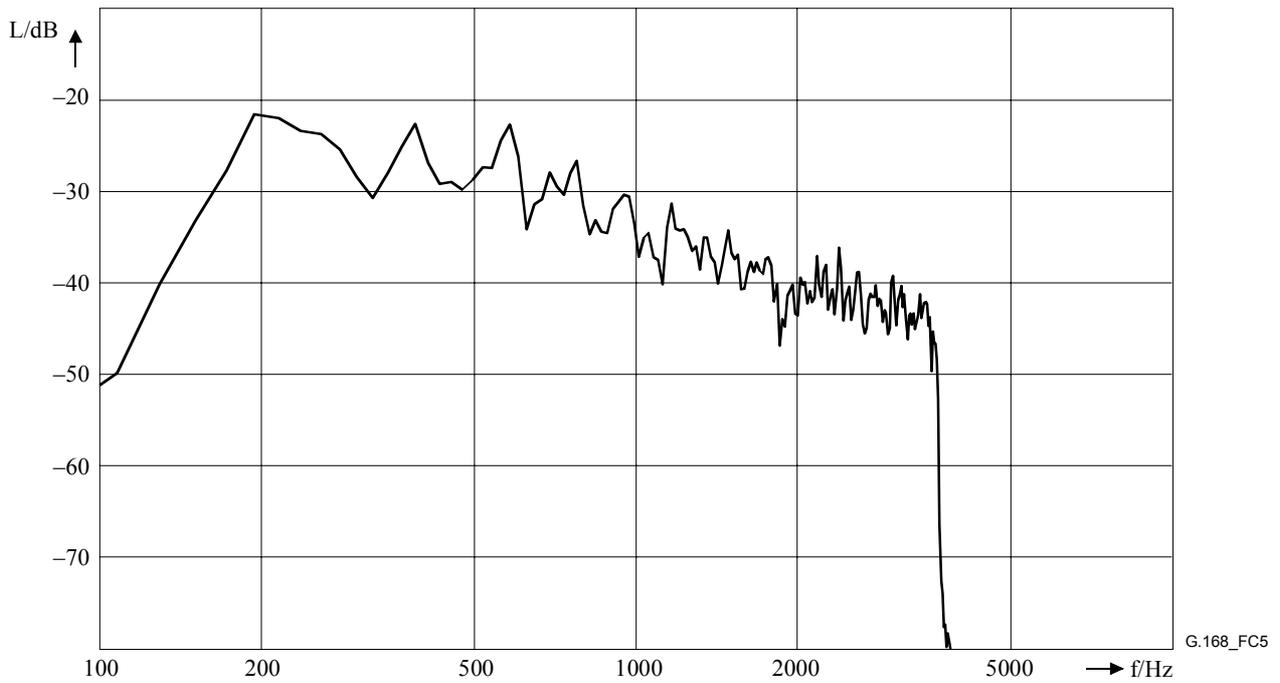
De nouveau, pour obtenir un signal dont la moyenne n'a pas de décalage, cette séquence de 400 ms est répétée et inversée en amplitude (décalage de phase de  $180^\circ$ ). Ainsi, il en résulte une durée du signal de conversation simultanée de 800 ms.



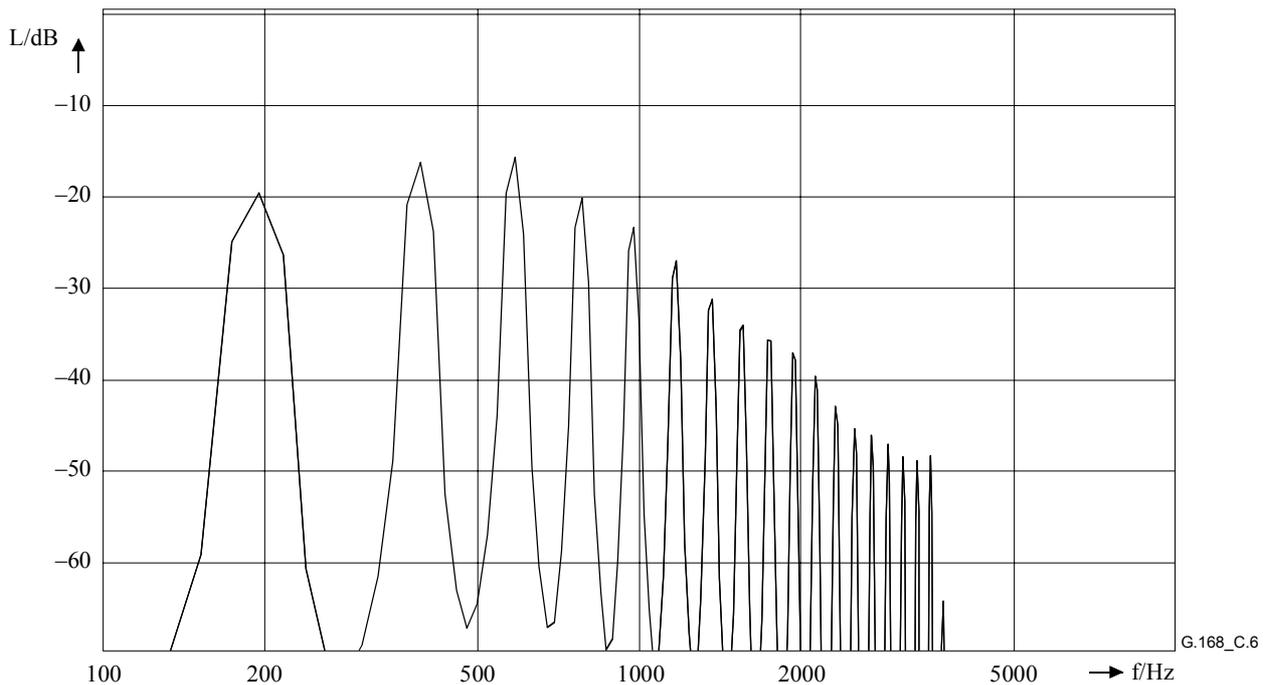
**Figure C.3/G.168 – Densité spectrale de puissance de source composite pour la conversation simultanée à bande limitée (signal de monologue, fenêtre d'analyse: Hanning)**



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

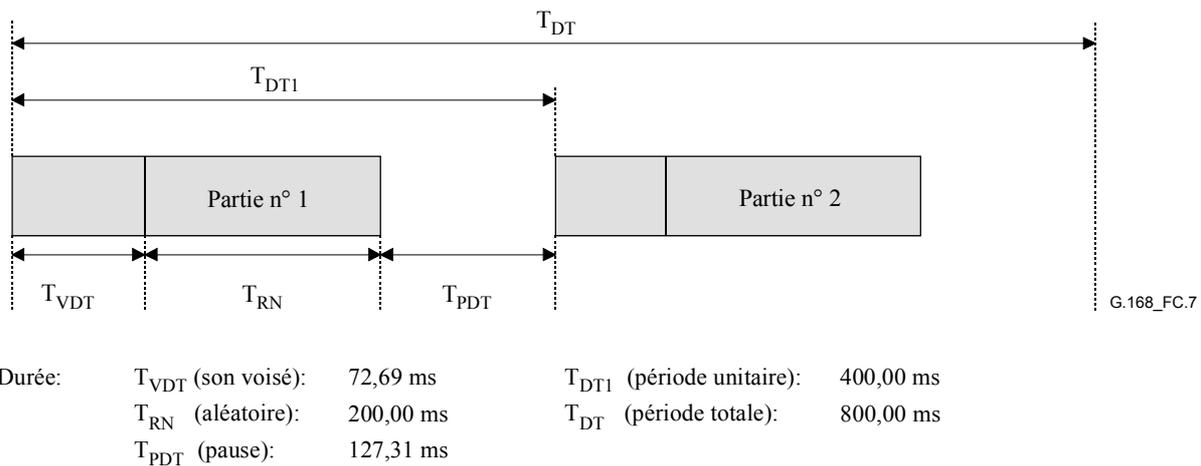


**Figure C.5/G.168 – Densité spectrale de puissance de source composite pour la conversation simultanée à bande limitée (fenêtre d'analyse: Hanning)**



**Figure C.6/G.168 – Densité spectrale de puissance pour les signaux voisés de conversation 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.



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

### Application

Les signaux de source composite à bande limitée, pour successivement le monologue et la conversation 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 source composite à bande limitée pour les essais de monologue. Pour les essais devant être effectués en situation de conversation simultanée, il convient d'utiliser le signal de conversation simultanée dans le sens de la conversation simultanée ( $S_{gen}$ ), alors que le signal de monologue est injecté du côté non annulé ( $R_{in}$ ).

### C.4 Méthodes d'évaluation des caractéristiques de convergence des annuleurs d'écho de parole en utilisant le signal CSS

Le signal CSS pour les essais des annuleurs d'écho de parole et le second signal CSS qui simule la conversation 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 fréquentiel.

#### C.4.1 Evaluation dans le domaine fréquentiel

Le niveau d'un signal peut être évalué par des calculs dans le domaine fréquentiel, 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 CSS, 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 8192 points. Il convient que la fréquence d'échantillonnage soit égale à 44,1 kHz, comme cela est décrit aux § C.3.1 et C.3.2, pour engendrer les signaux de 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 CSS. Un inconvénient des évaluations de niveau effectuées à partir du domaine fréquentiel 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 fréquentiel 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 "*Sonomètres*". Elle décrit les mesurages effectués par les sonomètres et préconise trois constantes de temps, "lent" (1000 ms), "rapide" (125 ms) et "impulsion" (35 ms). Si les résultats des mesurages effectués par différents laboratoires doivent être comparés, il est nécessaire de convenir d'une seule et unique procédure de mesurage. 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. Cela 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.

Cela 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. 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 l'amélioration du facteur d'adaptation en réflexion (ERLE, *echo return loss enhancement*) en fonction du temps. L'inconvénient est que toute autre analyse est exclue dans le domaine fréquentiel. 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.

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

Les évaluations de niveau peuvent être réalisées selon la Rec. UIT-T P.56. 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 au § 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 au § 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. Le trajet d'écho est simulé par un filtre numérique linéaire avec la réponse en impulsion  $g(k)$ . 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  $m_i(k)$ ,  $i = 1, 2, \dots, 8$  qui sont indiquées dans les Tableaux D.2 et D.3.

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

Les séquences  $m_i(k)$  représentent des trajets d'écho avec diverses caractéristiques de dispersion et différentes durées. Le retard  $\delta$  devrait être choisi de façon que les valeurs non nulles de  $g(k)$  ne puissent pas être capturées par le registre H de l'annuleur d'écho. Le facteur d'échelle  $K_i$  dépend des signaux d'entrée utilisés au cours de l'essai. La valeur de  $K_i$  dans le Tableau D.1a se traduit par un affaiblissement ERL qui est équivalent à la valeur utilisée dans l'équation (D-1) lors d'un mesurage avec CSS. La valeur de  $K_i$  dans le Tableau D.1b est utilisée afin de limiter la valeur maximale de la réponse en amplitude à la valeur ERL choisie. Les facteurs  $K_i$  pour une entrée de CSS ou de bruit blanc et pour une entrée de tonalité sont indiqués ci-dessous. Des précautions devraient être prises lors de l'utilisation du Tableau D.1a pour un bruit blanc, car l'affaiblissement ERL mesuré peut ne pas être égal à l'affaiblissement ERL utilisé dans l'équation (D-1). Seul l'essai 9 fait appel à un bruit blanc comme signal d'entrée.

#### D.1.1 Entrée par signal CSS ou un bruit blanc en entrée

Pour les essais qui utilisent le signal CSS ou un bruit blanc comme signaux d'entrée, les valeurs de  $K_i$  sont indiquées dans le Tableau D.1a suivant pour les huit séquences  $m_i(k)$ :

**Tableau D.1a/G.168 – Facteurs d'échelle  $K_i$  pour les huit modèles numériques de trajet d'écho**

Modèle de trajet d'écho #(i)	Facteur d'échelle $K_i$	ERL minimal pour CSS(dB) (Note)
1	$1,39 \times 10^{-5}$	6
2	$1,44 \times 10^{-5}$	6,55
3	$1,52 \times 10^{-5}$	6
4	$1,77 \times 10^{-5}$	6
5	$9,33 \times 10^{-6}$	6
6	$1,51 \times 10^{-5}$	6
7	$2,33 \times 10^{-5}$	11,06
8	$1,33 \times 10^{-5}$	9,27

NOTE – Une valeur minimale d'ERL de 6 dB devrait être utilisée au cours des essais pour les modèles de trajet d'écho  $m_1$ ,  $m_3$ ,  $m_4$ ,  $m_5$  et  $m_6$ . Pour les modèles de trajet d'écho  $m_2$ ,  $m_7$  et  $m_8$ , les valeurs minimales d'affaiblissement ERL utilisées au cours des essais devraient être, respectivement, 6,55 dB, 11,06 dB et 9,27 dB afin de garantir que la réponse en amplitude du trajet d'écho normalisé  $g(k)$  ne dépasse pas le niveau de 0 dB dans la gamme de fréquences appropriée.

### D.1.2 Entrée de tonalité(s)

Pour les essais qui utilisent une ou des tonalités comme signaux d'entrée, les valeurs de  $K_i$  devraient être calculées au moyen de la formule

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

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

avec: 
$$i = 1, 2, \dots, 8$$
  

$$f = 0, 1, \dots, 4095$$
  

$$L = \text{length of } m_i(k)$$

Les valeurs de  $K_i$  calculées à partir des équations (D-2) et (D-3) sont indiquées dans le Tableau D.1b pour les huit séquences  $m_i(k)$ :

**Tableau D.1b/G.168 – Facteurs d'échelle  $K_i$  pour les huit modèles numériques de trajet d'écho pour tonalités**

Modèle de trajet d'écho # <i>(i)</i>	Facteur d'échelle $K_i$	ERL minimal pour tonalités (dB) (Note)
1	$1,22 \times 10^{-5}$	6
2	$6,78 \times 10^{-6}$	6
3	$9,66 \times 10^{-6}$	6
4	$1,07 \times 10^{-5}$	6
5	$7,05 \times 10^{-6}$	6
6	$8,60 \times 10^{-6}$	6
7	$6,58 \times 10^{-6}$	6
8	$4,58 \times 10^{-6}$	6

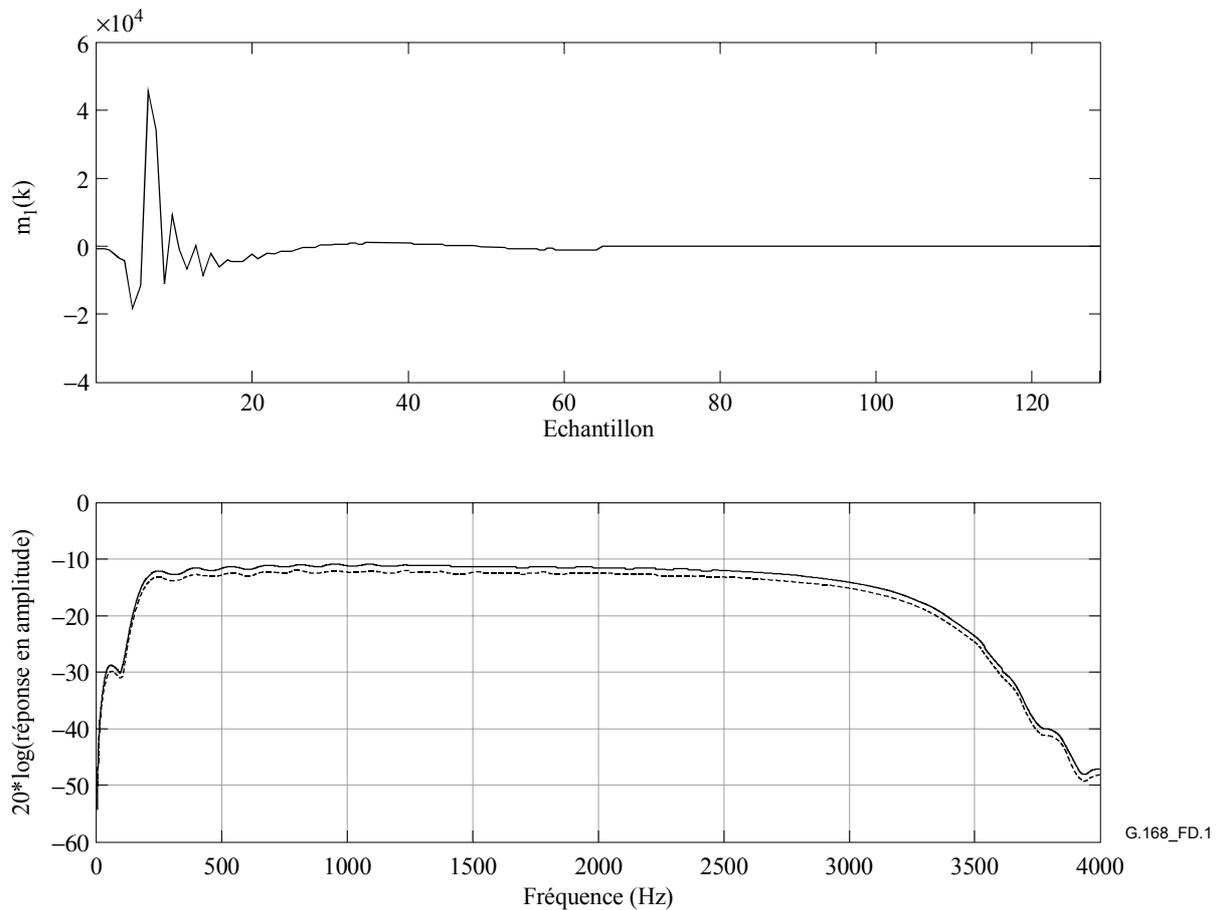
NOTE – Une valeur minimale ERL de 6 dB devrait être utilisée au cours des essais pour les 8 modèles de trajet d'écho. Chaque facteur d'échelle est utilisé afin de limiter la valeur maximale de la réponse en amplitude à la valeur choisie d'affaiblissement ERL.

### D.2 Modèles de trajet d'écho produits par un simulateur de coupleur différentiel de réseau

Le présent paragraphe contient quatre modèles de trajet d'écho qui sont produits par un simulateur de coupleur différentiel de réseau. Les Tableaux D.2, D.3, D.4 et D.5 indiquent les valeurs de  $m_i(k)$  pour  $i = 1, 2, 3, 4$ . Ils doivent être lus par colonnes. Le modèle de trajet d'écho  $m_1(k)$  a une dispersion courte,  $m_2(k)$  une dispersion moyenne-courte,  $m_3(k)$  une dispersion moyenne-longue et  $m_4(k)$  une dispersion longue. Les réponses en impulsion et en amplitude sont indiquées dans les Figures D.1, D.2, D.3 et D.4. Par exemple, un affaiblissement ERL de 12 dB est choisi pour les graphes de réponse en amplitude.

**Tableau D.2/G.168 –  $m_1(k)$ : réponse en impulsion du modèle de trajet d'écho 1**

-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	

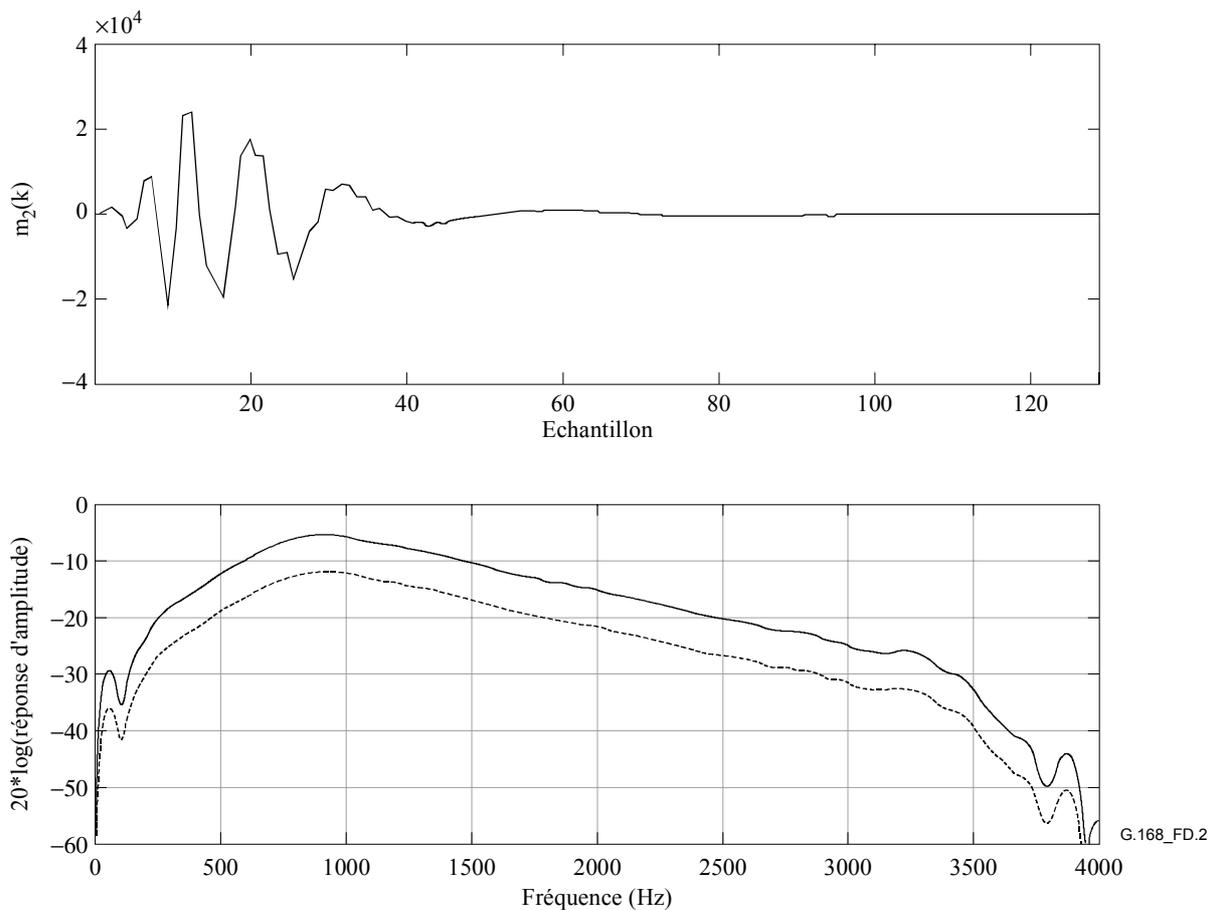


NOTE – ERL = 12 dB, entrée de CSS avec facteur d'échelle d'après Tableau D.1a (trait plein), entrée de tonalité(s) avec facteur d'échelle d'après Tableau D.1b (trait interrompu).

**Figure D.1/G.168 – Réponse en impulsion et réponse en amplitude du modèle de trajet d'écho 1**

**Tableau D.3/G.168 –  $m_2(k)$ : réponse en impulsion du modèle de trajet d'écho 2**

-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	

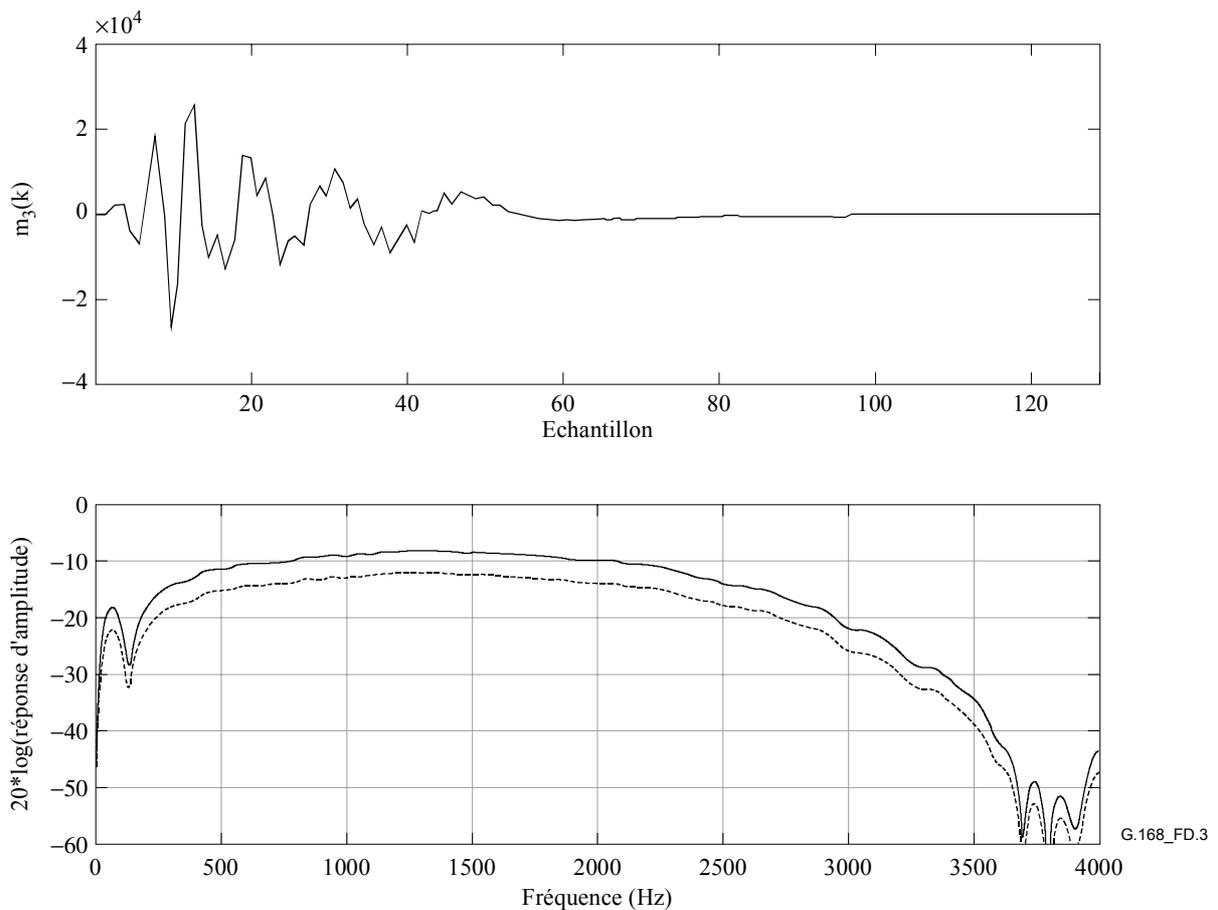


NOTE – ERL = 12 dB, entrée de CSS avec facteur d'échelle d'après Tableau D.1a (trait plein), entrée de tonalité(s) avec facteur d'échelle d'après Tableau D.1b (trait interrompu).

**Figure D.2/G.168 – Réponse en impulsion et réponse en amplitude du modèle de trajet d'écho 2**

**Tableau D.4/G.168 –  $m_3(k)$ : réponse en impulsion du modèle de trajet d'écho 3**

-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	

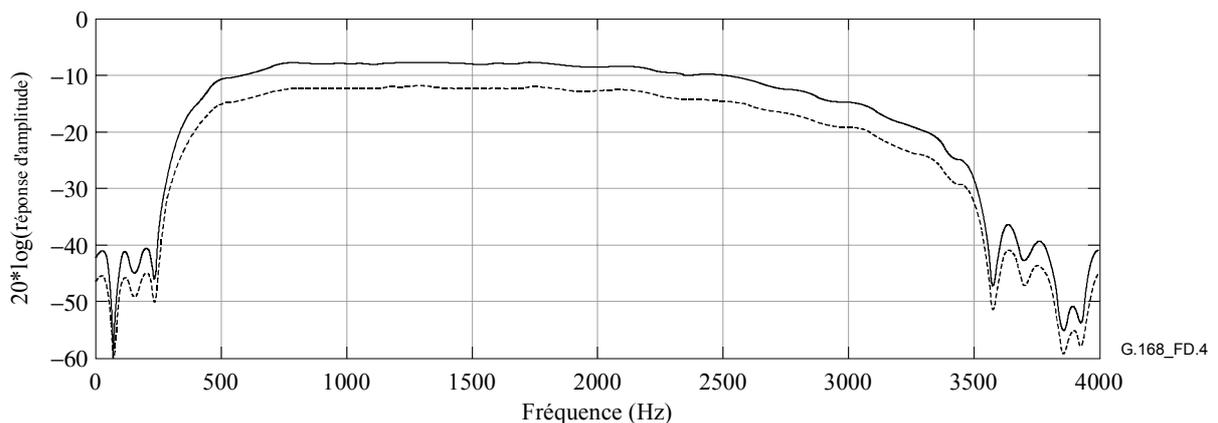
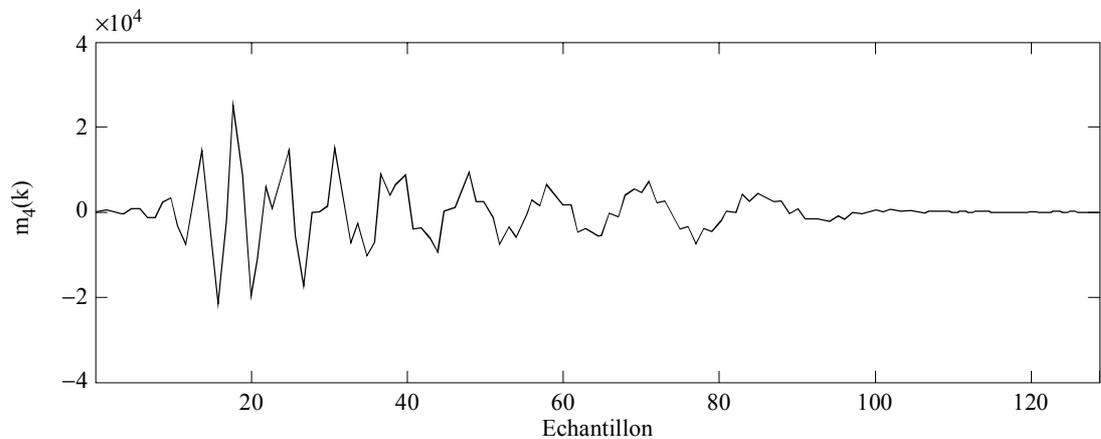


NOTE – ERL = 12 dB, entrée de CSS avec facteur d'échelle d'après Tableau D.1a (trait plein), entrée de tonalité(s) avec facteur d'échelle d'après Tableau D.1b (trait interrompu).

**Figure D.3/G.168 – Réponse en impulsion et réponse en amplitude du modèle de trajet d'écho 3**

**Tableau D.5/G.168 –  $m_4(k)$ : réponse en impulsion du modèle de trajet d'écho 4**

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	



NOTE – ERL = 12 dB, entrée de CSS avec facteur d'échelle d'après Tableau D.1a (trait plein), entrée de tonalité(s) avec facteur d'échelle d'après Tableau D.1b (trait interrompu).

**Figure D.4/G.168 – Réponse en impulsion et réponse en amplitude du modèle de trajet d'écho 4**

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

Le présent paragraphe présente quatre 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 au § II.2.2.1. Le paragraphe II.4 comprend également les caractéristiques statistiques (réponse en amplitude, durée du temps de dispersion et nombre de réflexions) des trajets d'écho mesurés en Amérique du Nord.

Les Tableaux D.6, D.7, D.8 et D.9 ci-dessous représentent les quatre modèles de trajet d'écho. Les nombres sont lus par colonne. Les réponses en impulsion ainsi que les réponses en amplitude des modèles sont indiquées respectivement aux Figures D.5, D.6, D.7 et D.8.

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 fréquentiel très proche de la moyenne des réponses en amplitude des trajets d'écho mesurés. C'est ce type d'écho qui apparaît le plus souvent lors des mesurages.

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.

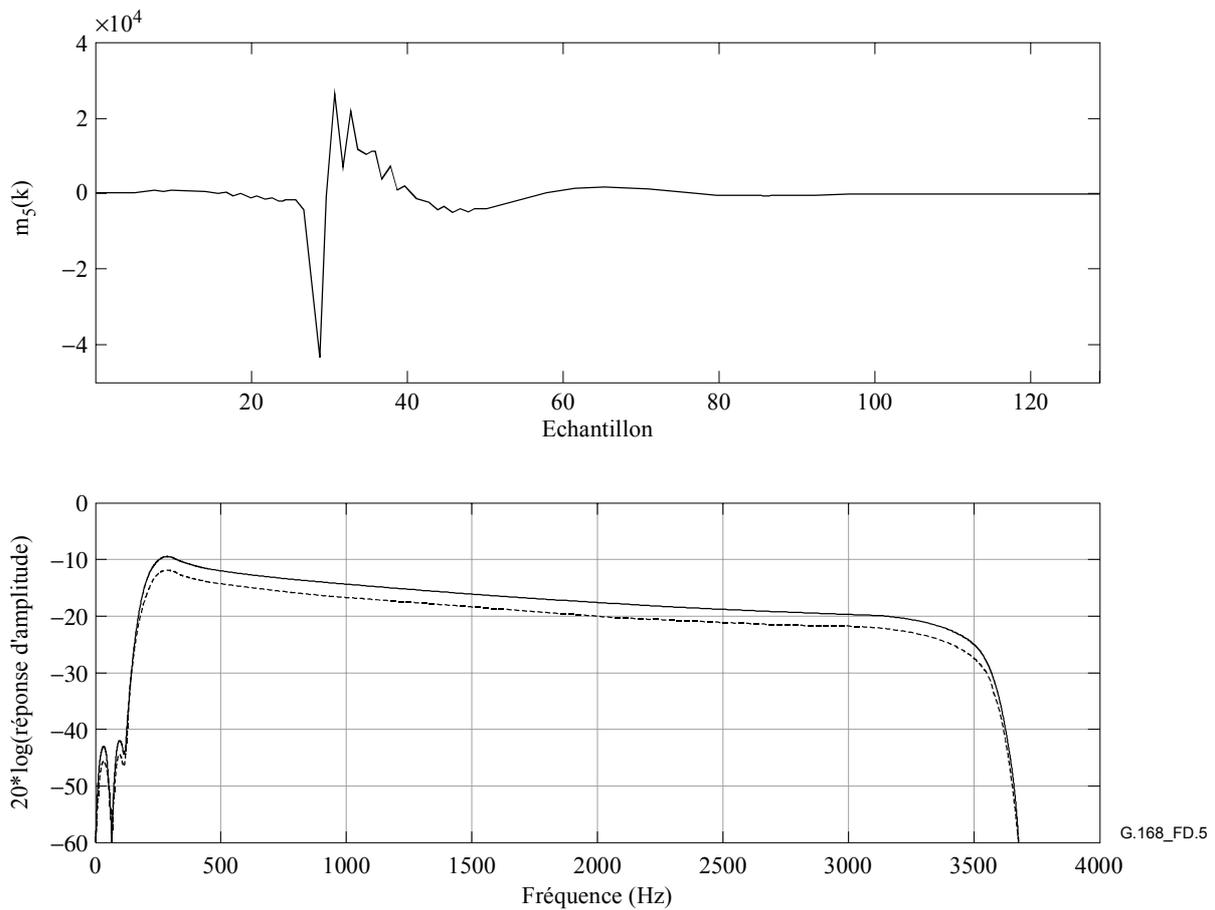
Le modèle de trajet d'écho indiqué au Tableau D.8 présente des réflexions doubles. Les réponses en impulsion provenant des deux réflecteurs se chevauchent. La durée de réflexion de ce modèle est d'environ 6 ms.

Noter qu'en raison de la réponse spécifique en amplitude du modèle de trajet d'écho  $m_7$ , ce modèle peut ne pas être représentatif des essais 10A et 10B lorsque le processeur NLP est neutralisé. Cela est dû, par coïncidence, à des coupures dans la réponse en amplitude aux fréquences utilisées dans ces essais. Le modèle  $m_8$  du Tableau D.9 est un autre modèle à double réflexion qui peut être utilisé pour les essais 10A et 10B car il ne contient pas de coupures dans la réponse en amplitude aux fréquences utilisées dans ces essais.

Les réponses en impulsion et en amplitude des quatre modèles de trajet d'écho sont représentées dans les Figures D.5, D.6, D.7 et D.8. Par exemple, un affaiblissement ERL = 12 dB est choisi pour les graphes des réponses en amplitude.

**Tableau D.6/G.168 –  $m_5(k)$ : réponse en impulsion du modèle de trajet d'écho 5**

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	

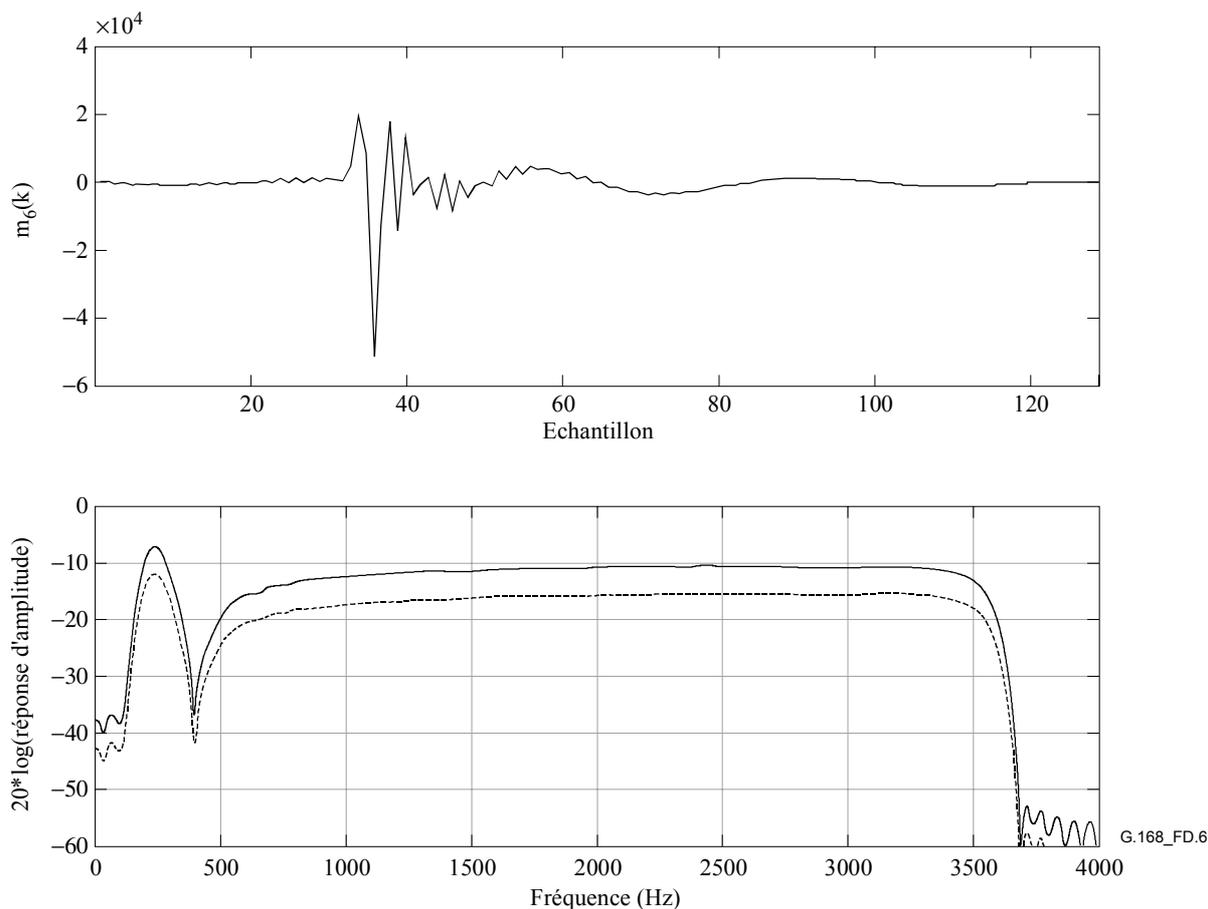


NOTE – ERL = 12 dB, entrée de CSS avec facteur d'échelle d'après Tableau D.1a (trait plein), entrée de tonalité(s) avec facteur d'échelle d'après Tableau D.1b (trait interrompu).

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

**Tableau D.7/G.168 –  $m_6(k)$ : réponse en impulsion du modèle de trajet d'écho 6**

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	



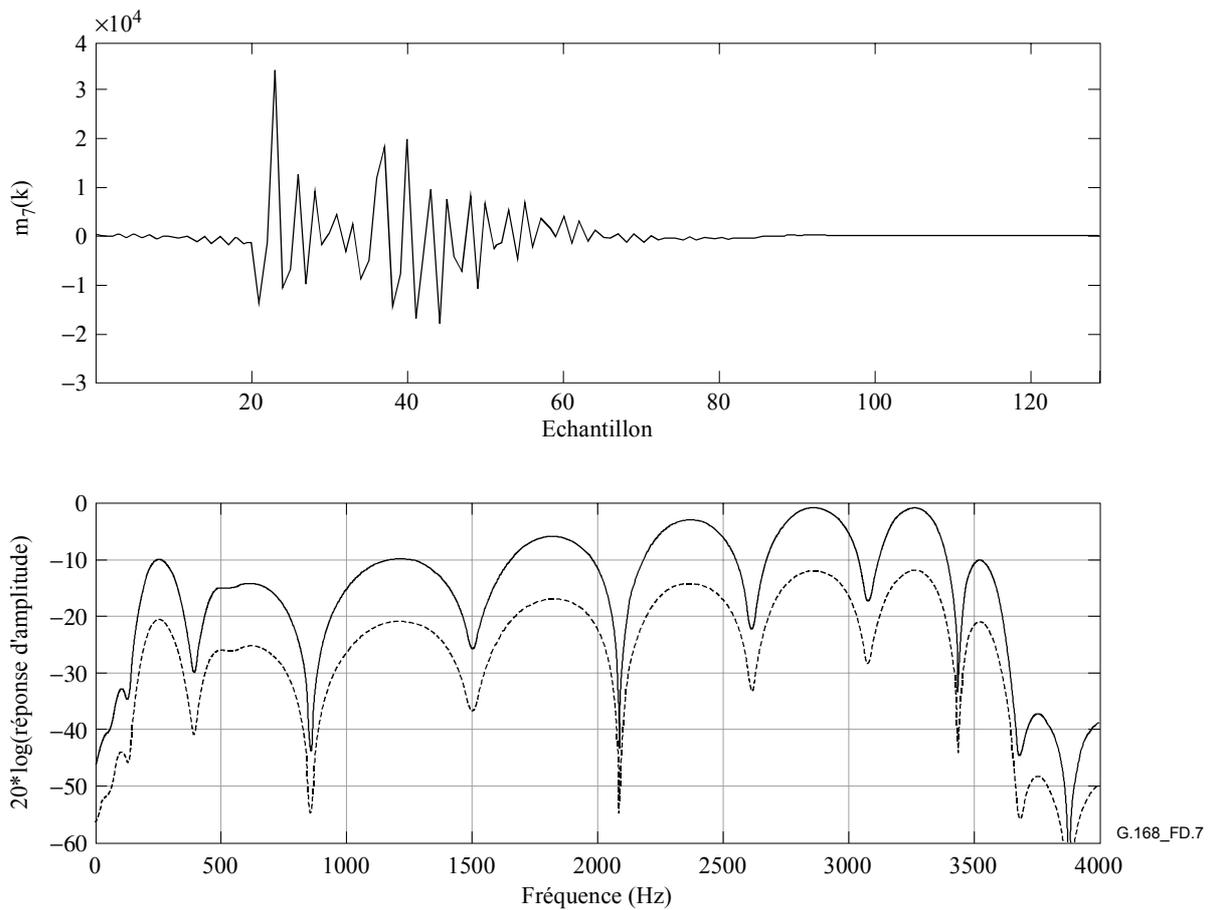
NOTE – ERL = 12 dB, entrée de CSS avec facteur d'échelle d'après Tableau D.1a (trait plein), entrée de tonalité(s) avec facteur d'échelle d'après Tableau D.1b (trait interrompu).

**Figure D.6/G.168 – Réponse en impulsion et réponse en 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 des essais 10A et 10B lorsque le processeur NLP est neutralisé. Cela est dû, par coïncidence, à des coupures dans la réponse en amplitude aux fréquences utilisées dans ces essais.

**Tableau D.8/G.168 –  $m_7(k)$ : réponse en impulsion du modèle de trajet d'écho 7**

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	

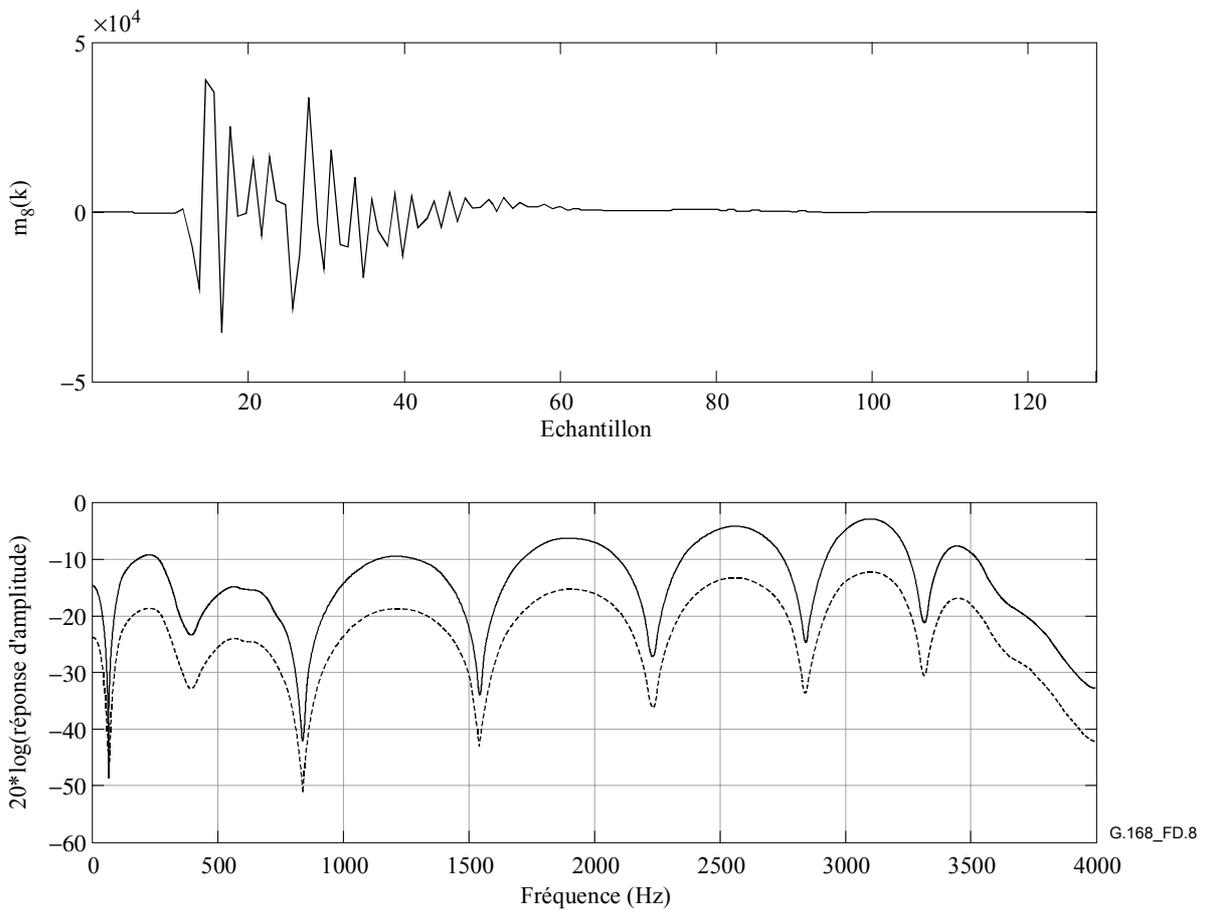


NOTE – ERL = 12 dB, entrée de CSS avec facteur d'échelle d'après Tableau D.1a (trait plein), entrée de tonalité(s) avec facteur d'échelle d'après Tableau D.1b (trait interrompu).

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

**Tableau D.9/G.168 –  $m_8(k)$ : réponse en impulsion du modèle de trajet d'écho 8**

80	-102	-1457	33871	-5907	5553	3083	806	452	669	356
31	-26	-229	-176	-10257	-2596	1917	869	538	619	147
4	1002	15659	-16421	5336	3992	1756	471	717	500	107
42	-9250	-6786	18173	-12933	1255	2478	646	723	650	-50
42	-22562	16791	-9669	4348	1450	1027	438	850	615	-88
-61	39321	3860	-10163	-4802	4079	1871	449	756	516	-59
-81	35681	2239	9941	-1791	324	845	432	753	492	-238
-64	-35289	-28730	-19365	3035	4340	1284	473	899	427	-165
-121	25312	-11885	3592	-4433	1059	813	394	555	291	-183



NOTE – ERL = 12 dB, entrée de CSS avec facteur d'échelle d'après Tableau D.1a (trait plein), entrée de tonalité(s) avec facteur d'échelle d'après Tableau D.1b (trait interrompu).

**Figure D.8/G.168 – Réponse en impulsion et réponse en amplitude du modèle de trajet d'écho 8**

#### D.4 Modèles de trajet d'écho mesurés sur des réseaux téléphoniques en Europe

Des mesurages ont été effectués dans les réseaux téléphoniques en France (voir § II.2.2.2 pour la méthode de mesure et § II.4.2 pour la réponse en impulsion typique qui a été observée). Trois types de réponse en impulsion sur trajet d'écho différents ont été observés: ils ont des caractéristiques équivalentes aux modèles de trajet d'écho  $m_1(k)$ ,  $m_5(k)$  et  $m_6(k)$ .

## Appendice I

### 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;
- déterminer comment les annuleurs d'écho peuvent influencer la qualité de la parole perçue et la qualité des données en bande vocale;
- expliquer les effets des signaux vocaux de haut niveau sur les annuleurs d'écho;
- fournir des considérations relatives à l'évolution des réseaux et des services;
- offrir quelques considérations sur la performance d'un annuleur d'écho au cours d'une conversation simultanée;
- donner quelques directives sur l'utilisation de paramètres pour l'essai d'annuleurs d'écho.

#### I.2 Réduction d'écho dans le RTPC

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 RTPC mettent en œuvre les techniques 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 intégrées au niveau mondial pourra conserver, dans les années à venir, certaines techniques de réduction d'écho plus anciennes sur certaines liaisons. Par exemple, les liaisons du RTPC peuvent inclure certaines associations de supprimeurs d'écho analogiques ou numériques selon la Rec. UIT-T G.164, d'annuleurs d'écho analogiques ou numériques selon la Rec. UIT-T G.165 équipés de dispositifs d'annulation par tonalité selon la Rec. UIT-T G.164 et également d'annuleurs d'écho analogiques ou numériques selon la Rec. UIT-T G.165 et d'annuleurs d'écho numériques selon la présente Recommandation équipés de dispositifs d'annulation par tonalité selon la Rec. UIT-T G.165 et la présente Recommandation. Les deux 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.

##### I.2.1 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 dans le trajet d'émission. Quand la conversation 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 conversation 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 Rec. UIT-T G.164.

Généralement, les supprimeurs d'écho n'offrent pas le même niveau de qualité que les annuleurs d'écho pour les signaux vocaux, les données en bande vocale ou la télécopie. De nombreux problèmes peuvent survenir lors du fonctionnement des supprimeurs d'écho. Tout d'abord, les signaux de conversation simultanée de bas niveau peuvent être mutilés si le niveau d'écho est élevé.

En deuxième lieu, le montage en cascade de supprimeurs d'écho n'est pas recommandée. Troisièmement, les supprimeurs d'écho peuvent créer des problèmes en transmission de télécopie. Le paragraphe 5.2/G.161 contient une explication détaillée des inconvénients des supprimeurs d'écho.

### **1.2.2 Annuleurs d'écho**

Les annuleurs sont des dispositifs utilisant le traitement de signal adaptatif pour diminuer ou éliminer 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 des trajets d'écho linéaires;
- empêcher l'annulation d'écho quand cela a été demandé par un signal d'annulation 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 pendant une période donnée. Cette conception permet à certains réseaux de transporter des données en bande vocale sur les mêmes voies de transmission que la 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/ou 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.

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 du processeur NLP 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 conversation simultanée;
- le montage en cascade est possible (pour les annuleurs d'écho bien conçus).

Certains annuleurs d'écho disposent d'une option d'annulation sur la tonalité de 2100 Hz spécifiée dans la Rec. UIT-T G.164 pour les supprimeurs d'écho tandis que d'autres annuleurs sont neutralisés par une tonalité de 2100 Hz avec des inversions de phase périodiques à  $180^\circ \pm 25^\circ$ , comme cela est spécifié dans la Rec. UIT-T G.165 et dans la présente Recommandation pour les annuleurs d'écho. L'utilisation de la tonalité G.165 ou G.168 vise à permettre la neutralisation des annuleurs d'écho indépendamment des supprimeurs d'écho. Les annuleurs d'écho qui répondent à la tonalité de neutralisation de G.165 ou G.168 ne sont pas neutralisés par la tonalité de 2100 HZ sans inversion de phase.

### **1.2.3 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'il 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, 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 RTPC. Par exemple:

- on prévoit que les postes téléphoniques numériques devront réduire leurs propres échos, voir les Recommandations UIT-T G.122, G.131, P.340 et P.310 (le 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 RTPC soient linéaires et invariants dans le temps sinon le terminal devra diminuer son propre écho;
- 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**

Il y a lieu de prendre en considération les éléments suivants dans les règles d'application et dans les contraintes de fonctionnement des annuleurs d'écho:

- planification de la transmission dans le réseau public;
- temps de transmission et affaiblissement d'adaptation pour l'écho;
- caractéristiques et capacité de trajet d'écho d'un annuleur d'écho;
- planification de la transmission dans un réseau privé d'utilisateur final ou de constructeur.

La description détaillée de ces éléments peut être consultée dans les Recommandations de l'UIT-T sur les aspects des annuleurs d'écho concernant la planification de la transmission.

### **I.4 Effet des annuleurs sur les services de voix et de données**

Les annuleurs d'écho fournis par le réseau sont présents dans les connexions qui font l'objet de temps de propagation élevés. Il convient qu'ils soient conçus de façon à permettre à une voie de conversation de prendre en charge des données en bande vocale, y compris la télécopie. En d'autres termes, ces annuleurs doivent conserver la capacité d'être neutralisés sur demande appropriée d'un équipement terminal client. Le constructeur de modem est cependant chargé de déterminer si les annuleurs d'écho fournis par le réseau doivent être activés ou désactivés.

La transmission bilatérale simultanée de données dans la bande vocale peut se produire, selon le schéma de modulation du modem. De nouveaux schémas de modulation sont actuellement introduits et il convient que les constructeurs déterminent l'état optimal dans lequel l'annuleur d'écho devrait se trouver lors du fonctionnement du modem, à savoir si l'annuleur doit être activé ou désactivé ou si l'appel doit être acheminé vers une connexion dans laquelle la capacité d'annulation d'écho n'est jamais présente.

Les concepteurs de télécopieurs ont produit ces terminaux dans l'hypothèse que les fournisseurs de réseau allaient installer des limiteurs d'écho intégrés conformément aux Recommandations UIT-T G.164, G.165 et G.168. Les planificateurs de RTPC étaient donc censés continuer à faire évoluer le réseau de façon qu'il n'empêche pas expressément le transport habituel du service support de données/télécopie dans la bande vocale.

Les modems V.32 utilisent, en revanche, la même bande de fréquences dans les deux sens et réalisent un fonctionnement bilatéral simultané au moyen d'un annuleur d'écho intégré. L'annuleur d'écho intégré dans ce modem de transmission de données dans la bande vocale ne doit pas être confondu avec les annuleurs d'écho de réseau qui sont conformes à la Rec. UIT-T G.165 et à la présente Recommandation car les caractéristiques de fonctionnement des uns et des autres sont très différentes.

Les détails de l'interaction de la limitation d'écho avec la transmission de données et de télécopie dans la bande vocal peuvent être consultés au § 5.2.1/G.161.

## **I.5 Parole à signaux de haut niveau**

### **I.5.1 Introduction**

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

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

### **I.5.2 Détection de la conversation 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 conversation simultanée utilisés. Par exemple, si la conversation simultanée n'est pas identifiée rapidement, la parole du côté annulé masque l'écho résiduel qui est utilisé pour actualiser le modèle de réponse en impulsion de l'annuleur d'écho.

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

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

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

### **I.5.3 Effet des codeurs à bas débit**

Aux fins de la planification des réseaux, il est utile de connaître la dégradation que les codeurs à bas débit peuvent introduire dans le trajet d'écho d'un annuleur d'écho. Celui-ci peut apporter un certain degré d'amélioration de l'affaiblissement d'adaptation pour l'écho.

Ce sujet fera 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. Un annuleur d'écho aura une capacité limitée à annuler l'écho en présence d'un trajet d'écho non linéaire résultant de l'écrêtage et de la distorsion non linéaire dans le trajet d'écho entre  $R_{out}$  et  $S_{in}$ . L'on trouvera de plus amples informations sur les effets d'un trajet d'écho non linéaire au § 5.2.5.1/G.161.

### **I.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  $R_{rev}$  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  $R_{rev}$ .

## **I.6 Aspects relatifs aux évolutions de réseau et de service**

### **I.6.1 Transparence des bits dans les annuleurs d'écho**

La Rec. UIT-T G.165 a été modifiée en 1992 afin de préciser qu'une tonalité de neutralisation à 2100 Hz comportant des inversions de phase doit normalement provoquer la désactivation de l'annuleur d'écho et fournir un trajet de signal analogique dans un canal dégagé. 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 de 1993). Il est noté que la transparence peut être obtenue à 64 kbit/s et qu'elle est 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 des 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 prenne en charge une capacité de canal dégagé à 64 kbit/s si une telle capacité doit être fournie.

### **I.6.2 Vitesse de convergence**

Une vitesse élevée de convergence est souhaitable afin de réduire l'écho pendant l'acquisition initiale et afin de minimiser l'écho quand le trajet d'écho change. Certains annuleurs d'écho produisent du bruit en essayant de s'adapter de façon continue au trajet d'écho. Cela peut être apparenté à la vitesse d'adaptation. Cet effet est très perceptible et gênant, en particulier lors d'une conversation simultanée, si le processus d'adaptation n'est pas interrompu. Pour certaines implémentations d'annuleur, alors que la vitesse d'adaptation augmente au-delà de la 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 des composantes variables dans le temps se trouvent dans le trajet d'écho fera l'objet d'un complément d'étude.

### **I.6.3 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 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/ou 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 mis en œuvre par le réseau.

#### **I.6.3.1 Références à la limitation de l'écho acoustique**

Les données suivantes sont extraites des Recommandations relatives à la limitation de l'écho acoustique.

Des informations sur les limiteurs d'écho acoustique et sur les dispositifs d'amélioration de la parole peuvent être trouvées dans le paragraphe 10/P.340 (05/2000).

### I.6.3.1.1 Equivalent pondéré de couplage du terminal (TCLw) [d'après § 6.1/P.341 (1998)]

L'équivalent pondéré de couplage du terminal TCLw mesuré entre l'entrée numérique et la sortie numérique doit 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/P.341. S'il existe une commande de volume, la spécification s'applique à un réglage aussi proche que possible de la valeur nominale de RLR spécifiée dans le § 5.1/P.341.

### I.6.3.1.2 Equivalent de couplage du terminal [d'après § 6.1/P.342 (2000)]

L'équivalent pondéré de couplage du terminal (TCLw, *weighted terminal coupling loss*) devrait être supérieur à 40 dB lorsqu'il est mesuré dans les conditions d'exploitation avec un équivalent SLR normalisé à SLR = +13 dB et RLR = +2 dB. Par exemple, si l'équivalent SLR mesuré est égal à +16 dB et si l'équivalent RLR mesuré est égal à 0 dB, la valeur normalisée de TCLw = 42 dB + (13 – 16) dB + (2 – 0) dB = 41 dB.

Cependant, afin d'atteindre les objectifs prescrits par la Rec. UIT-T G.131 en termes d'écho pour le locuteur, un équivalent TCLw supérieur à 45 dB est souhaitable et devrait être recherché.

NOTE – La dégradation d'écho perçue par la personne située à l'extrémité distante d'une connexion de postes téléphoniques qui a un équivalent TCLw inférieur à 45 dB, est une fonction de l'amplitude du signal d'écho pour le locuteur ainsi que du temps de propagation dans le trajet d'écho du locuteur. Un poste téléphonique qui a un équivalent TCLw inférieur à 45 dB produit un signal d'écho qui devient d'autant plus gênant qu'il y a augmentation du temps de propagation dans le trajet d'écho pour le locuteur. Un poste téléphonique qui a un équivalent TCLw inférieur à 45 dB peut donc offrir une performance satisfaisante sur des connexions à faible temps de propagation, tandis qu'il n'en sera peut-être pas de même pour les connexions ayant un temps de propagation élevé.

Il est supposé que cette spécification est satisfaite si TCL et TCLw satisfont respectivement aux valeurs du Tableau I.1 (qui remplace le Tableau 5/P.342) avec la commande de volume de réception réglée au niveau maximal.

**Tableau I.1/G.168**

TCL (bande de 1/3 octave)	TCLw
> 25 dB	> 35 dB
NOTE – Ces valeurs supposent qu'il n'existe aucune autre réduction d'écho dans 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 conversation simultanée, alors les limites définies dans le Tableau I.2 (remplaçant le Tableau 6/P.342) peuvent s'appliquer.

**Tableau I.2/G.168**

	Temps de transmission dans un seul sens	TCLw
Monologue	≤ 10 ms	≥ 25 dB
Conversation simultanée	≤ 10 ms	≥ 19 dB <sup>a)</sup>
a) Pour atteindre une note MOS ≥ 4. De plus amples informations se trouvent dans la Rec. UIT-T P.340.		

#### **I.6.4 Bruit de confort**

A mesure que le réseau téléphonique contient davantage de connexions numériques, il devient de plus en plus vraisemblable que le trajet d'écho sera analogique, alors que le trajet des connexions à grande distance sera numérique. Une conséquence est que le trajet à longue distance a un bruit de voie au repos faible alors que le trajet d'écho a un bruit de voie au 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 au 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 gênant dans certaines circonstances.

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 au repos de traverser le processeur non linéaire.

NOTE – En se fondant sur les données fournies par les experts de l'UIT-T sur la qualité de service de bout en bout des réseaux et terminaux:

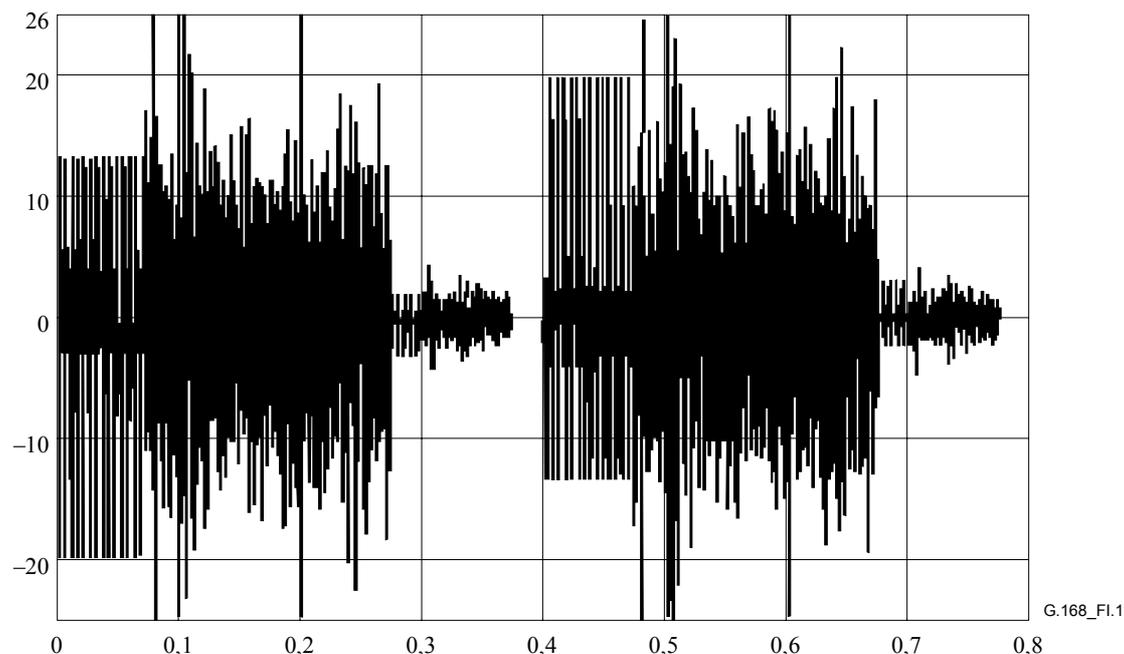
- il convient de minimiser les effets parasites dus aux insertions de bruit de confort;
- le bruit utilisé devrait correspondre au bruit de fond, tant pour le contenu de fréquences que pour le niveau de bruit (des études indiquent que ce principe n'est sans doute pas à recommander pour les niveaux de bruit haut et bas);
- le niveau du bruit inséré devrait correspondre au niveau du bruit de fond. Il convient d'effectuer des mesurages et des ajustements appropriés de niveau en utilisant dBm0p;
- il convient que la progression dans le temps des modifications du niveau du bruit inséré suive au plus près les changements de niveau qui se produisent dans le bruit de fond.

#### **I.7 Aspects concernant les caractéristiques de fonctionnement des annuleurs d'écho en condition de conversation simultanée**

##### **I.7.1 Introduction**

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

Le signal CSS qui simule la conversation simultanée comprend une rafale (d'énergie constante) et une pause réelle. On a cependant montré qu'un signal plus approprié de conversation 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 CSS raccourci comprenant un son voisé, une séquence de bruit et une pause réelle. La Figure I.1 indique que le signal de conversation simultanée a été modifié avec une longueur de séquence de 800 ms.



**Figure I.1/G.168 – Signal de conversation simultanée modifié**

### **I.7.2 Paramètres de conversation simultanée**

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

- une des dégradations les plus notables lors de l'écoute du signal de conversation simultanée est due à l'insertion erronée du processeur non linéaire (NLP) pendant la conversation continue;
- les intervalles de parole provoqués par le processeur non linéaire (NLP) comme cela est mentionné ci-dessus pendant la conversation continue semblent être plus gênants que la mutilation au début de la séquence de la conversation simultanée (premier mot du premier son);
- la détectabilité et la gêne provoquée par les signaux d'écho dans les conditions de conversation simultanée dépendent du niveau et du son du signal d'écho;
- les annuleurs d'écho se comportent différemment si la conversation simultanée intervient au début de l'adaptation ou après l'achèvement de la convergence.
- en se fondant sur les données fournies par les experts de l'UIT-T sur la qualité de service de bout en bout des réseaux et terminaux, la mutilation introduite par le processeur non linéaire doit être inférieure à 64 ms et 0,1% de la durée d'activité vocale.

### **I.7.3 Analyse des paramètres techniques ayant une influence sur les caractéristiques de fonctionnement en conditions de conversation simultanée**

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

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

Les caractéristiques de l'annuleur d'écho proprement dit sont déterminées par des paramètres techniques tels que les suivants:

- 1) la sensibilité de détection de la conversation simultanée;
- 2) le niveau de seuil de détection de la conversation simultanée (introduction du processeur non linéaire, contrôle adaptatif éventuel);
- 3) la fiabilité de détection de la conversation simultanée;
- 4) le temps de commutation du processeur non linéaire (NLP);
- 5) le temps de maintien de détection de la conversation 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 conversation 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 conversation 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 mesurage appropriée à l'évaluation des caractéristiques de la conversation simultanée nécessite une séquence de mesurage appropriée. Une association de deux signaux de source composite a été obtenue de façon à reproduire des séquences normales de conversation simultanée. Les deux signaux sont décrits dans la Rec. UIT-T P.501. La longueur du signal CSS de mesure est égale à 700 ms, le second signal CSS simulant la conversation simultanée injectée dans le trajet d'écho ayant une durée de 800 ms. En raison de leurs longueurs de séquence différentes, les rapports de niveaux aux 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 l'on utilise des signaux de parole réelle. Différents mesurages effectués sur divers annuleurs d'écho indiquent que cette association de signaux reproduit les résultats obtenus dans les conditions de la conversation simultanée par rapport au monologue.

## **I.7.4 Essais 3A et 3B en conversation simultanée sans neutraliser l'adaptation**

### **I.7.4.1 Introduction**

Dans les essais 3A et 3B, l'annuleur d'écho est exposé à la conversation simultanée pendant un temps  $\delta t$  et la convergence C/divergence D est ensuite déterminée en supprimant la conversation simultanée et en gelant l'adaptation tandis que le signal CSS reste actif à 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 de conversation simultanée du côté annulé  $s_{gen}(k)$  du signal  $e(k)$  à l'accès de sortie côté émission. La différence  $e_r(k) = e(k) - s_{gen}(k)$  serait l'écho résiduel, ce qui conduit directement  $C = C(\delta t)$  ou  $D = D(\delta t)$ .

### I.7.4.2 Procédure d'essai

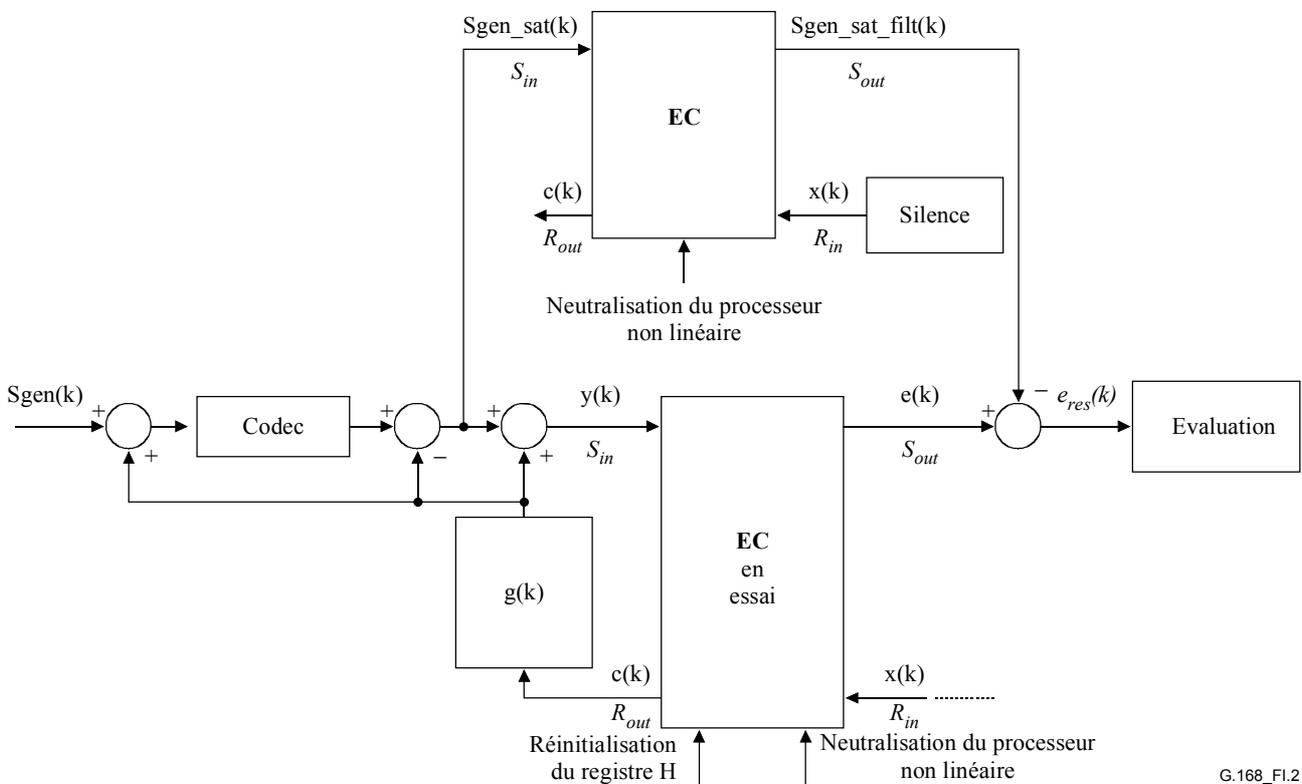
L'essai est réalisé au moyen de la configuration d'essai de la Figure I.2. Pour les niveaux élevés de  $s_{gen}(k)$ , l'amplitude de la somme de  $s_{gen}(k)$  et de l'écho,  $g(k)*c(k)$ , peut dépasser la plage linéaire du codeur en loi A/loi  $\mu$ . Il en résulte que l'annuleur d'écho voit la valeur saturée de  $s_{gen}(k)+g(k)*c(k)$ . La composante de conversation simultanée à l'accès d'entrée côté émission devient:

$$s_{gen\_sat}(k) = \text{codec}[s_{gen}(k) + g(k)*c(k)] - g(k)*c(k).$$

De cette façon, la fonction  $\text{codec}(\cdot)$  est définie comme la conversion de plage linéaire en loi A/loi  $\mu$  suivie par une conversion de loi A/loi  $\mu$  vers plage linéaire. Le signal  $s_{gen\_sat}(k)$  est calculé par les blocs situés à l'extrême gauche de la Figure I.2.

Certains annuleurs d'écho contiennent un filtre passe-haut ou passe-bande sur le trajet d'émission. Si tel est le cas,  $s_{gen\_sat}(k)$  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, le plus simple est de faire passer  $s_{gen\_sat}(k)$  directement par le filtre. Si celui-ci est inconnu, on peut faire passer  $s_{gen\_sat}(k)$  par l'annuleur d'écho au moment d'un silence à l'accès d'entrée côté réception (voir Figure I.2). Le signal obtenu  $s_{gen\_sat\_filt}(k)$  représente la composante de conversation 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 conversation simultanée. De ce fait, elle ne nécessite pas le gel de l'adaptation de l'annuleur d'écho et élimine la possibilité d'une distorsion éventuelle de la caractéristique de fonctionnement mesurée. Il convient de noter que le signal  $S_{out}$  est mesuré pendant l'application du signal de conversation simultanée,  $S_{gen}$ .



G.168\_FI.2

**Figure I.2/G.168 – Essai de soustraction de la composante de conversation simultanée du signal d'émission**

## I.7.5 Essais subjectifs

### I.7.5.1 Essais subjectifs et objectifs de l'annuleur d'écho – Considérations d'ordre fondamental

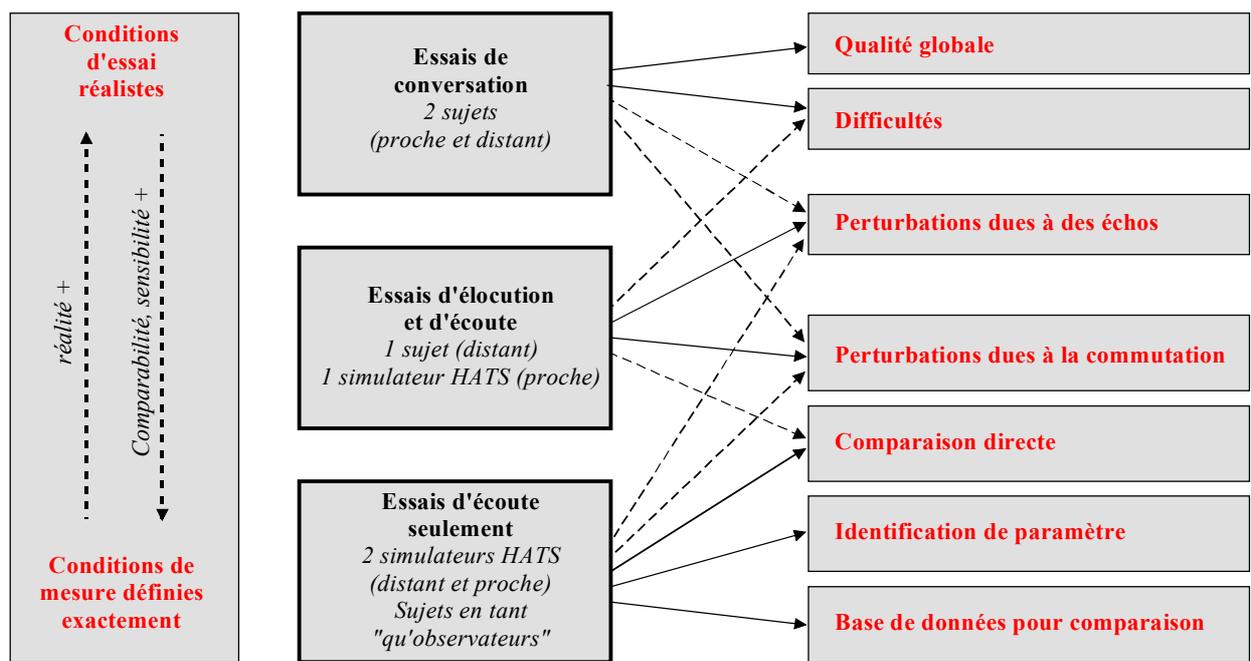
Lors de l'étude de la performance des annuleurs d'écho, un des points les plus importants consiste à rechercher le mode de corrélation des essais objectifs avec les essais subjectifs.

La normalisation des procédures d'essai subjectif (essai de conversation, essais d'élocution et d'écoute, essais d'écoute seulement) a été suggérée dans la Rec. 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 pour essais en laboratoire.

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

#### I.7.5.1.1 Procédures d'essais auditifs

La Figure I.3 montre la structure et les relations des différentes procédures d'essai subjectif telles que les *essais de conversation*, les *essais d'élocution et d'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.



G.168\_FI.3

Figure I.3/G.168 – Structure des procédures d'essais subjectifs pour les annuleurs d'écho vocal et sélection de paramètres

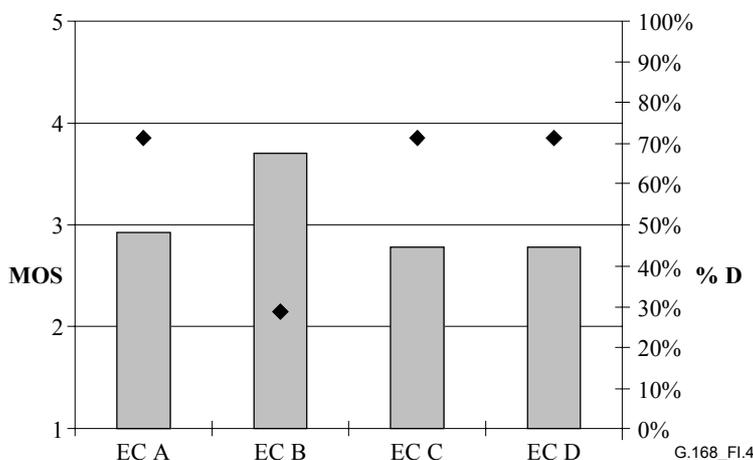
Les *essais de conversation* jouent un rôle important dans l'évaluation des annuleurs d'écho vocal car la performance de l'annuleur d'écho influence la perception de la qualité de la chaîne de connexion téléphonique globale. Au cours d'un essai de conversation, les sujets indiquent leur évaluation de 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 de "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 *d'élocution et d'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.

### 1.7.5.1.2 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 Rec. UIT-T G.165. A l'issue de chaque essai, les opérateurs 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.4 et I.5.

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 opérateurs, 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.4/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 dBm0**

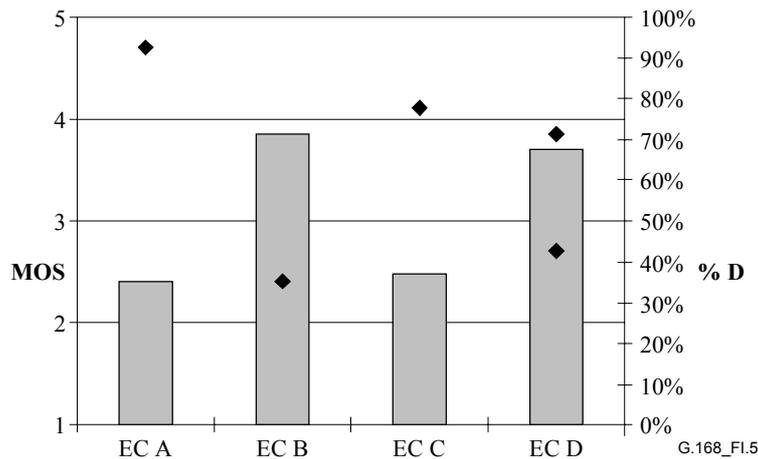
Une différence notable entre l'annuleur d'écho B et les autres annuleurs A, C et D peut être analysée dans la Figure I.4. L'objet principal de ces essais n'était pas de comparer différents annuleurs d'écho mais d'identifier les paramètres qui déterminent la qualité perçue subjectivement. Si les commentaires 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 conversation simultanée (implémentation du processeur NLP). Cela est particulièrement applicable à la conception de l'essai 3C.

Des mesures pratiques, fondées sur les signaux composites de source, montrent que l'annuleur d'écho B (Figure I.4) a un très bon comportement en conversation simultanée. En association avec un affaiblissement d'écho élevé, cela conduit à la meilleure évaluation obtenue selon la Figure I.4;

- perturbations dues à des échos (convergence initiale et écho résiduel). Cela est particulièrement applicable aux essais 2A et 2B.

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 d'écho B, bien que le comportement en conversation simultanée ait été bon.



**Figure I.5/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 dBm0**

Les annuleurs d'écho peuvent être subdivisés en deux groupes dans la Figure I.5. 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 conversation simultanée en tant que dégradation la plus gênante. Cela est particulièrement applicable à la conception de l'essai 3C.

Les deux annuleurs d'écho B et D, qui présentent de bonnes performances en conversation simultanée en association avec ce type de réalisation de trajet d'écho, sont jugés nettement meilleurs;

- qualité de transmission en termes de bruit de fond. Il n'existe actuellement, dans la présente Recommandation, aucun essai permettant d'étudier la qualité de transmission en termes 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

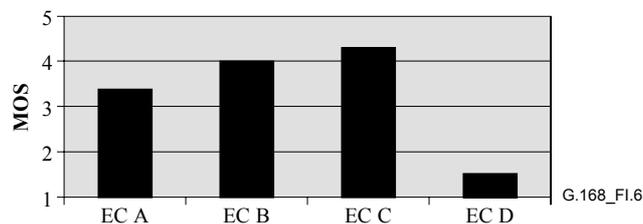
mutilation de la parole au cours du temps en raison du fonctionnement du processeur non linéaire et de sa commande associée.

Les résultats d'essais de conversation publiés par deux administrations, ainsi que les résultats correspondants de certains essais d'écoute seulement en conditions de conversation 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 conversation simultanée ou de monologue, l'un des paramètres les plus importants. Cela influence la qualité de transmission en termes de bruit de fond et la performance en conversation simultanée. Par ailleurs, l'affaiblissement d'écho au cours de la convergence initiale et des conditions stables est également important (en conditions de conversation simultanée ou de monologue).

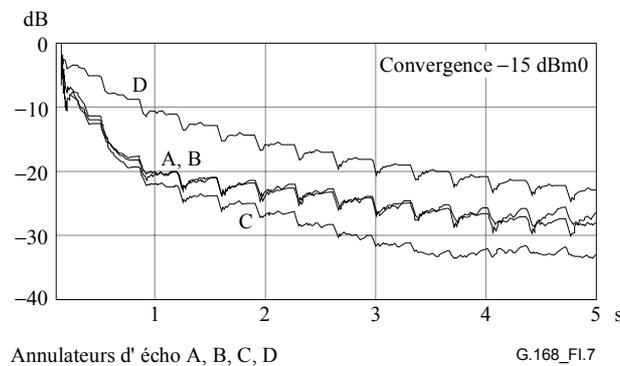
### I.7.5.1.3 Essais spécifiques d'élocution et d'écoute

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 d'élocution et d'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 qu'avec processeur NLP désactivé. Les résultats des essais subjectifs et les mesures objectives correspondantes se trouvent dans les figures ci-après.

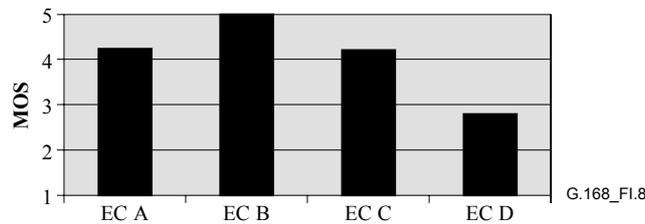


**Figure I.6/G.168 – Résultats d'essais d'élocution et d'écoute, notes MOS, perturbations dues à des échos, trajet d'écho numérique, ERL 6 dB, absence de bruit de fond proche, processeur NLP désactivé**

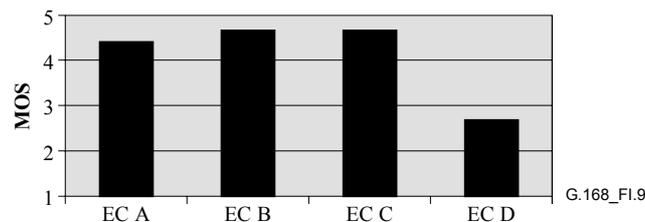


**Figure I.7/G.168 – Essai de convergence en fonction du temps, trajet d'écho numérique, ERL 6 dB, absence de bruit de fond proche, niveau de réception -15 dBm0, processeur NLP désactivé**

Si le processeur NLP est désactivé, les résultats sont indiqués dans la Figure I.6. Cet essai caractérise la convergence des filtres adaptatifs. Les *essais d'élocution et d'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.7. Cela est applicable à l'essai 2B.



**Figure I.8/G.168 – Résultats d'essais d'élocution et d'écoute, notes MOS, perturbations dues à des échos, trajet d'écho numérique, ERL 6 dB, bruit de fond  $-55$  dBm0, processeur NLP activé**



**Figure I.9/G.168 – Résultats d'essais d'élocution et d'écoute, notes MOS, perturbations dues à des commutations audibles, trajet d'écho numérique, ERL 6 dB, bruit de fond  $-55$  dBm0, processeur NLP activé**

Les Figures I.8 et I.9 donnent ces résultats lorsque le processeur NLP est activé. La Figure I.8 montre les évaluations pour les perturbations par écho si le processeur NLP est désactivé. La Figure I.9 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.8). La commutation audible provoque une gêne plus grande avec les trois autres annuleurs d'écho (A, B et C, Figure I.9). 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.6 et I.7). 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.10 à I.13. 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.8 et I.9). 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 d'élocution et d'écoute (Figure I.8 et I.9), affaiblissent et annulent l'écho résiduel plus rapidement que l'annuleur d'écho D. Cela est applicable aux essais 2A et 2C. Il n'existe actuellement, dans la présente Recommandation, aucun essai permettant d'étudier la qualité de transmission en termes de bruit de fond.

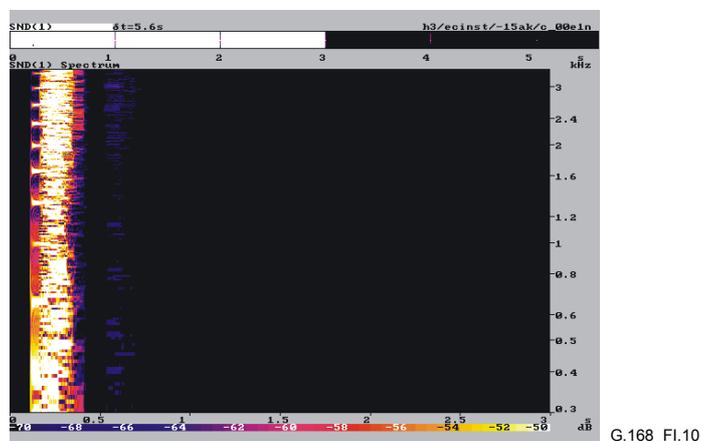


Figure I.10/G.168 – Annuleurs d'écho A

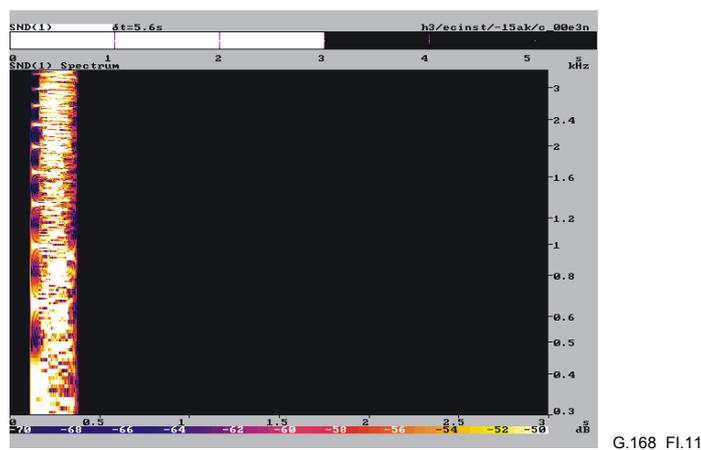
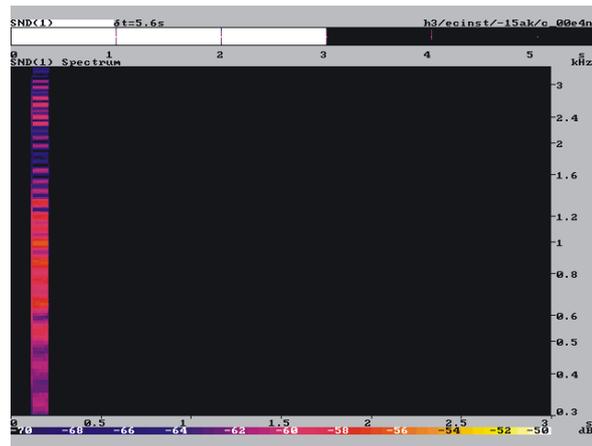
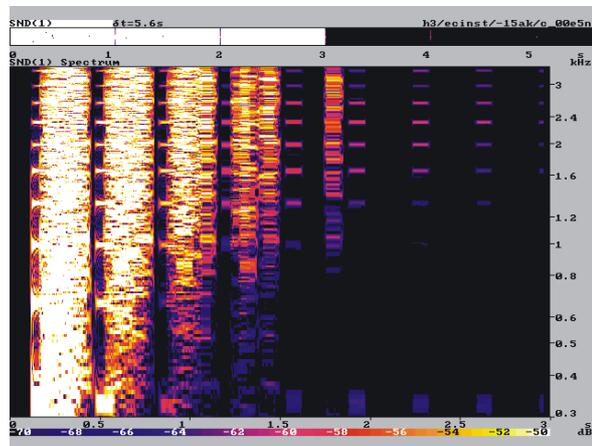


Figure I.11/G.168 – Annuleurs d'écho B



G.168\_FI.12

**Figure I.12/G.168 – Annuleurs d'écho C**



G.168\_FI.13

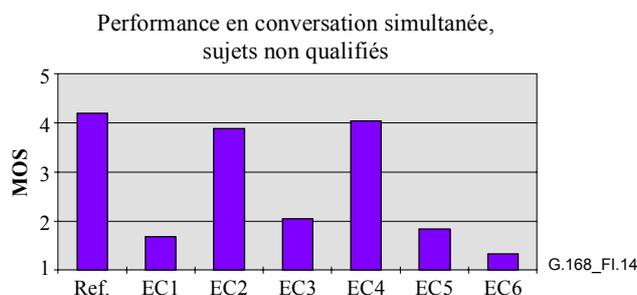
**Figure I.13/G.168 – Annuleurs d'écho D**

**Figures I.10, I.11, I.12 et I.13/G.168 – Analyse spectrale de l'écho résiduel au cours de la convergence initiale**

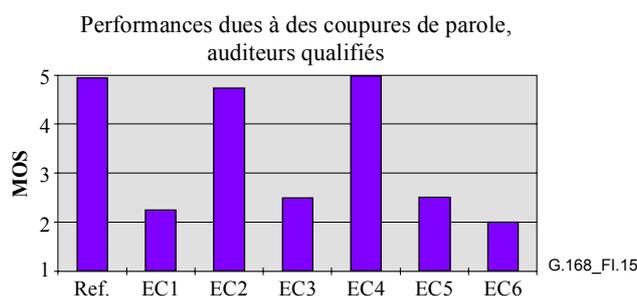
### Essais d'écoute seulement

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 d'élocution et d'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 conversation simultanée.

Les Figures I.14 et I.15 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 conversation simultanée de six annuleurs d'écho a été évaluée par un groupe de sujets non qualifiés (Figure I.14) et par un groupe d'experts (Figure I.15) pour un équivalent ERL de 24 dB, un niveau de réception de -15 dBm0 et un niveau de conversation simultanée de -30 dBm0.



**Figure I.14/G.168 – Résultats d'essais d'écoute seulement, sujets non qualifiés, notes MOS de performance en conversation simultanée, ERL 24 dB, niveau de réception -15 dBm0, niveau de conversation simultanée -30 dBm0**



**Figure I.15/G.168 – Résultats d'essais d'écoute seulement, experts, notes MOS de perturbations en cours de conversation simultanée dues à des coupures de parole, ERL 24 dB, niveau de réception -15 dBm0, niveau de conversation simultanée -30 dBm0**

Bien que le niveau du signal de conversation 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.14. Les sujets non qualifiés ont évalué le paramètre "performance en conversation 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 bons. Les évaluations du groupe d'experts concernant les perturbations causées par des coupures de parole (indiquées dans la Figure I.15) 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 conversation simultanée était 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 conversation simultanée. Cela est particulièrement applicable à la conception de l'essai 3C.

### **1.7.5.2 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 afin 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 conversation 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 CSS est utilisé dans une procédure de mesurages objectifs, les caractéristiques de commutation peuvent être facilement déterminées après une rafale du signal de conversation simultanée, parce que l'ensemble des composantes représente une durée qui est définie précisément pour le signal CSS. Des essais subjectifs ont indiqué que des caractéristiques satisfaisantes pouvaient être obtenues pour la conversation simultanée, même avec des niveaux de signal de conversation simultanée inférieurs de 15 dB aux niveaux du signal à l'entrée réception. Si les rafales de signaux de source composite en conversation simultanée ne sont pas complètement transmises, il est très probable que des intervalles de parole plus longs se produiront.

## **I.8 Directives pour l'utilisation des paramètres d'essai des annuleurs d'écho**

Les essais mentionnés dans la présente Recommandation 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, cela 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)  $\Delta$  – 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 remis à zéro.
  - b) Registre H mis en convergence vers un trajet d'écho ouvert.
  - c) Registre H mis en convergence vers une réponse d'impulsion  $g(k)$ .

## **I.9 Bibliographie**

- [1] COM 25-27-E (1993): The composite source signal as a measuring signal and a summary of various investigations on speech echo cancellers (Le signal de source composite en tant que signal de mesure et résumé de diverses recherches sur les annuleurs d'écho vocal).

## Appendice II

### Méthodes de mesure des caractéristiques des trajets d'écho

#### II.1 Introduction

La connaissance d'un trajet d'écho est nécessaire pour limiter 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 en impulsion du trajet d'écho dans les réseaux de télécommunications. Il fournit également les résultats d'analyse pour les trajets d'écho mesurés dans les réseaux réels.

Le présent appendice est organisé comme suit: le paragraphe II.2 fournit des détails sur les procédures de mesurage existantes. La production des caractéristiques du trajet d'écho est expliquée dans le paragraphe II.3. Le paragraphe II.4 contient des exemples des caractéristiques de trajets d'écho mesurés dans des réseaux réels. Finalement, le paragraphe II.5 présente les conclusions.

Le présent appendice ne contient pas de référence aux mesurages du facteur d'adaptation en réflexion (ERL, *echo return loss*) parce que la présente Recommandation spécifie que tous les annuleurs d'écho doivent fonctionner conformément aux prescriptions de tous les essais avec un affaiblissement  $ERL \geq 6$  dB.

De plus amples informations sur les caractéristiques des trajets d'écho peuvent être trouvées sur le site électronique de l'UIT-T.

#### II.2 Procédure de mesurage

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 coupleur 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 coupleur 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.

NOTE – L'existence de dispositifs de commande de niveau comme les commandes automatiques de niveau (ALC, *automatic level control*), d'amplificateurs à compensation de haut niveau (HLC, *high level compensation*) ou d'affaiblisseurs sur le trajet entre le coupleur différentiel et l'appareil de mesure peut affecter les valeurs d'affaiblissement ERL mesurées.

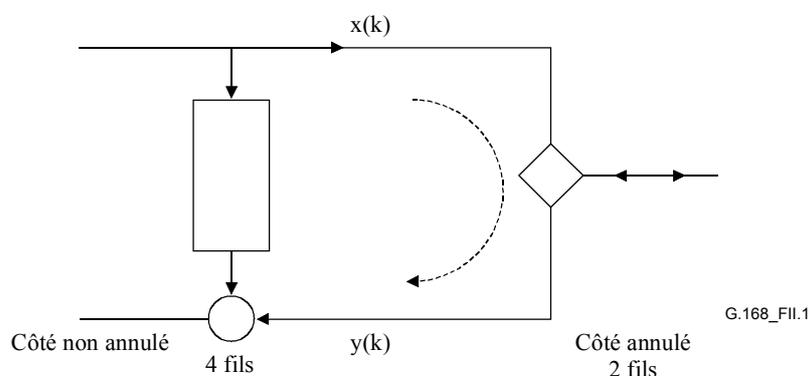


Figure II.1/G.168 – Connexion typique d'un appel

## II.2.1 Montage de mesure

### II.2.1.1 Montage de mesure avec intrusion

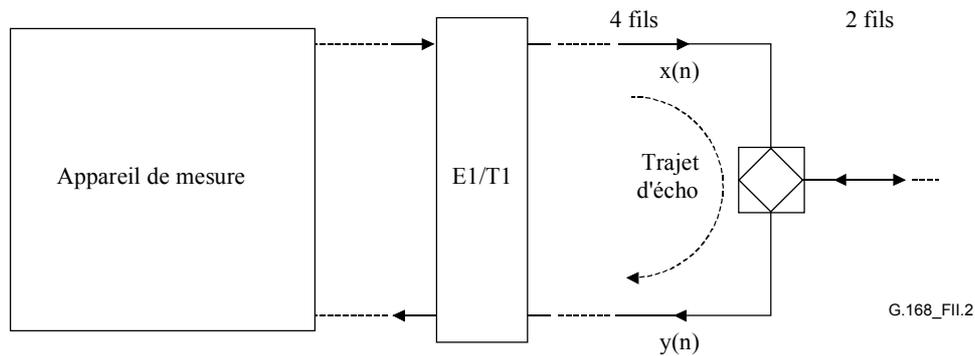


Figure II.2/G.168 – Schéma fonctionnel d'un montage de mesure avec intrusion

La Figure II.2 représente le schéma fonctionnel du montage de mesure avec intrusion. L'appareil de mesure produit le signal d'essai et effectue l'enregistrement du signal. L'équipement utilise une connexion à 4 fils pour l'émission et la réception des signaux.

Lorsqu'une interface T1/E1 n'est pas disponible, le signal d'essai peut être produit à un point en 2 fils. De toute façon, les signaux (émission et réception) doivent être mesurés au point numérique à 4 fils où les signaux sont bien définis (en termes de niveau).

Au cours du mesurage, l'équipement commence par composer un numéro de téléphone. Il émet ensuite le signal d'essai, une fois la communication établie. Le signal d'essai traverse l'interface T1/E1, le centre de commutation (CO) et le RTPC jusqu'à un utilisateur distant. Une partie du signal émis est réfléchi sous forme d'écho. Aussi bien le signal émis que l'écho renvoyé sont enregistrés dans l'équipement au moyen d'un enregistreur synchrone. Les deux signaux enregistrés sont  $R_{in}$  et  $S_{in}$  pour un annuleur d'écho.

NOTE – Il faut s'assurer qu'aucun annuleur d'écho ni supprimeur d'écho n'est présent dans la connexion.

### II.2.1.2 Montage de mesure sans intrusion

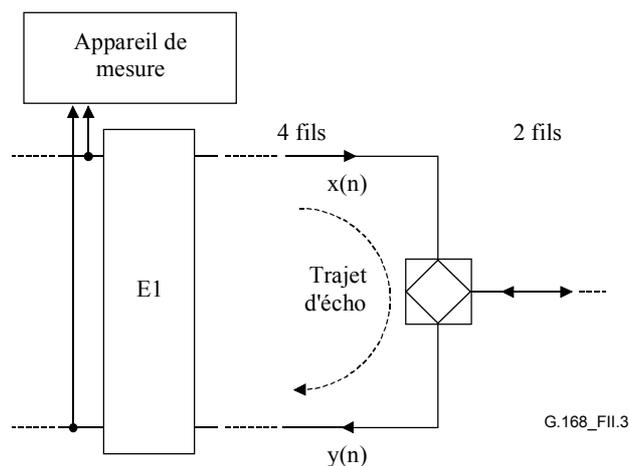


Figure II.3/G.168 – Schéma fonctionnel d'un montage de mesure sans intrusion

La Figure II.3 représente le schéma fonctionnel du montage de mesure sans intrusion qui est fondé sur l'utilisation d'un "dispositif de mesure en service et sans intrusion" (voir l'UIT-T P.561 pour des informations complètes). Avant tout mesurage, il faut s'assurer qu'aucun annuleur ou supprimeur d'écho n'est présent dans la connexion. Le dispositif de mesure surveille le signal de source  $x(n)$  et le signal d'écho  $y(n)$  à l'interface T1/E1.

## II.2.2 Calcul de la réponse en impulsion du trajet d'écho

Le calcul de la réponse en impulsion du trajet d'écho nécessite une parfaite connaissance des signaux d'essai à l'émission et à la réception. Deux méthodes, fondées sur deux signaux d'essai différents, sont décrites ci-après.

### II.2.2.1 Méthode 1: algorithmes LS/LMS fondés sur l'injection de bruit blanc

Le signal d'essai utilisé est indiqué à la Figure II.4. 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 supprimeurs d'écho dans la liaison pendant le mesurage. La durée de la tonalité est réglée à  $T_1 = 1,35$  s. L'amplitude de la tonalité est de  $-12$  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 § 7 et dans les Recommandations UIT-T G.164 et G.165, s'activera automatiquement en  $250 \text{ ms} \pm 150 \text{ ms}$  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 en impulsion du trajet d'écho. Le niveau de puissance du signal de bruit blanc est  $-18$  dBm0 et sa durée est de  $T_3 = 5$  s.

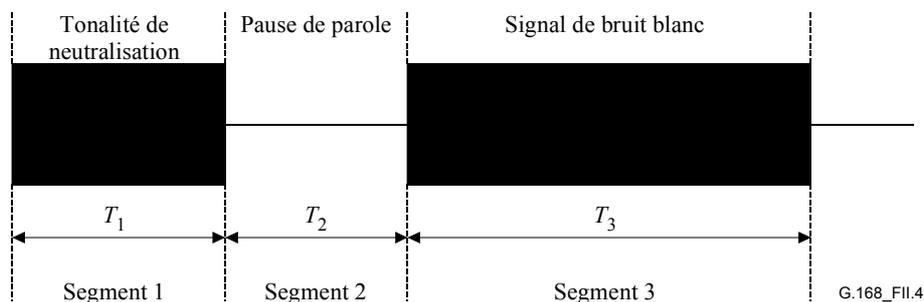


Figure II.4/G.168 – Signal d'essai pour la mesure du trajet d'écho

### Calcul de la réponse en impulsion

Le signal d'écho peut être modélisé comme suit:

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

où  $N$  est la durée de la réponse en impulsion du trajet d'écho et  $L$  le nombre total d'échantillons de données disponibles. L'on définit les vecteurs

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

et:

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

En notation vectorielle,

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

Le problème de l'évaluation peut être défini comme suit: soit  $L$  échantillons de  $x(n)$  et  $y(n)$ , calculer la réponse  $\mathbf{h}^o$ . Il s'agit d'un problème d'identification normal qui peut être résolu par deux méthodes courantes. La première est celle des moindres carrés (LS, *least-squares*) 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 longueur des données  $L$  est suffisamment grande, les solutions finales fournies par les deux méthodes sont très proches et la différence est négligeable.

### Méthode LS

Définition du signal d'erreur:

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

où  $\mathbf{h}$  est la réponse en impulsion du trajet d'écho estimée. La méthode LS minimise:

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

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

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

ou:

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

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

### 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  $n$ , où  $\delta$  est un petit nombre positif et  $\mu$  une constante positive appelée échelon. L'échelon doit être inférieur à 2 pour permettre la convergence.

#### II.2.2.2 Méthode 2: transformée de Walsh-Hadamard fondée sur l'injection d'une séquence MLS

Ce signal d'essai consiste à utiliser la séquence de longueur maximale (MLS, *maximal length sequence*), qui est une séquence binaire dont la valeur instantanée est  $\pm 1$ , grandeur périodique de période  $L$ . C'est donc un signal pseudo-aléatoire dont les propriétés statistiques sont proches du bruit blanc. Sa fonction d'autocorrélation est circulaire et peut être exprimée comme suit:

$$C_{xx}(n) = \frac{1}{L} \sum_{m=0}^{m=L-1} x(m-n)x(m) = \begin{cases} 1 & \text{si } n \equiv 0 \text{ modulo } L \\ -\frac{1}{L} & \text{sinon} \end{cases}$$

Si l'on définit la fonction  $\delta^L(n)$  par:  $\delta^L(n) = \begin{cases} 1 & \text{si } n \equiv 0 \text{ modulo } L \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$ , la fonction d'autocorrélation peut être réécrite comme suit:

$$C_{xx}(n) = \left(1 + \frac{1}{L}\right) \delta^L(n) - \frac{1}{L}$$

### Calcul de la réponse en impulsion

Le signal d'écho peut être modélisé comme suit:  $y(n) = h * x(n)$  lorsque le bruit de circuit est négligé. Si l'on part de l'hypothèse que le signal  $x(n)$  est un bruit blanc, la réponse en impulsion  $h$  est indiquée par la fonction de corrélation croisée des signaux  $y(n)$  et  $x(n)$ :

$$C_{xy}(n) = C_{xx}(n) * h$$

Dans le cas d'une séquence MLS telle que décrite ci-dessus, on exprime cette équation de manière équivalente comme suit:

$$C_{xy}^L(n) = \frac{1}{L} \sum_{m=0}^{m=L-1} x(m-n)y(m) = \left(1 + \frac{1}{L}\right) \delta^L(n) * h - \frac{1}{L} \bar{h}$$

où  $\bar{h}$  est la variation aperiodique. En fait, le terme  $\frac{1}{L} \bar{h}$  ne peut être négligé pour deux raisons: la variation aperiodique de la réponse en impulsion mesurée est en principe égale à zéro et, en pratique, la longueur de la séquence est choisie de façon à être au moins de  $2^{14}$  échantillons. Cette équation montre donc que la fonction de corrélation croisée  $C_{xy}^L(n)$  offre une propriété périodique analogue à la réponse en impulsion multipliée par  $(1 + 1/L)$ . Comme  $x(n)$  est un bruit pseudo-aléatoire, le calcul de la fonction de corrélation croisée est facilement effectué par la transformée d'Hadamard (voir [1] au § II.6).

## II.3 Analyse des caractéristiques du trajet d'écho

Le présent paragraphe décrit les méthodes d'analyse de réponse en impulsion de trajet d'écho. Les caractéristiques de trajet d'écho considérées sont la réponse en amplitude et la largeur de dispersion des trajets d'écho.

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

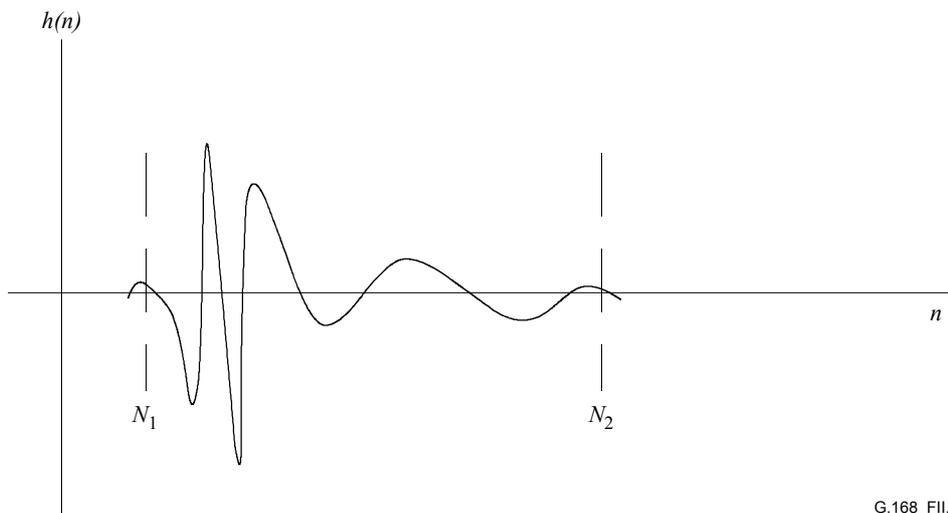
### II.3.1 Temps de dispersion

La réponse en impulsion du trajet d'écho n'est pas une impulsion unique. Elle possède une durée finie qui sera appelée temps de dispersion. Celui-ci 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 en impulsion. Il convient que la durée pour cette région soit suffisamment longue pour couvrir la totalité de la réflexion de l'écho. Par exemple, dans les mesures nord-américaines, cette durée était fixée à 30 ms. Cela correspond à 240 échantillons à une fréquence d'échantillonnage de 8 kHz. La réponse en impulsion 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 en impulsion de  $n = N_1$  to  $N_2$ , 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.5 montre une troncature possible. Selon la Figure 11, il faut obtenir la plus grande valeur de réduction d'écho à 0 dBm0  $L_{Rin}$ . Avec un affaiblissement ERL = 6 dB, cela se traduit par une amélioration ERLE = 30 – 6 = 24 dB fournie 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 l'erreur  $ERR$  soit inférieure à –24 dB.

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



G.168\_FII.5

**Figure II.5/G.168 – Troncature du trajet d'écho pour l'évaluation du temps de dispersion**

### II.3.2 Réponse en amplitude du trajet d'écho

Alors que les réponses en impulsion des trajets d'écho peuvent être tout à fait différentes en forme, on s'attend que les caractéristiques du domaine de fréquences des trajets d'écho auront une certaine similarité. Les caractéristiques de réponse en 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.

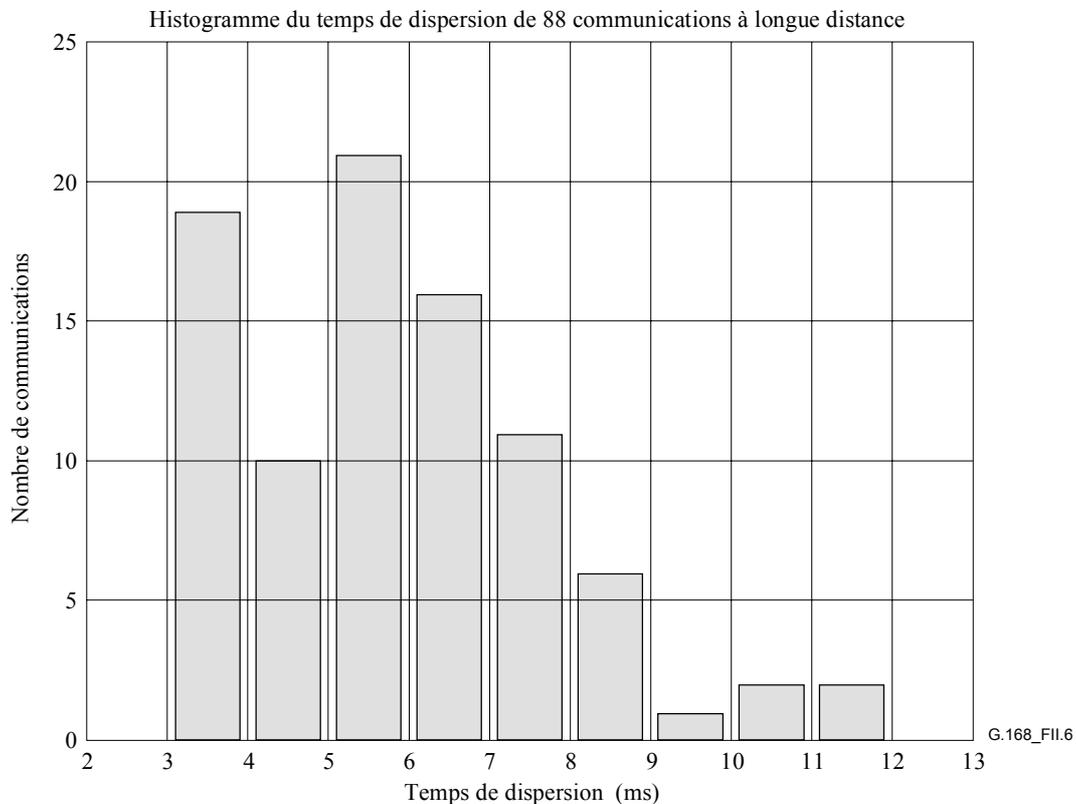
## II.4 Exemples de mesures de trajet d'écho obtenues sur des réseaux réels

### II.4.1 Caractéristiques du trajet d'écho à partir de mesures obtenues sur des réseaux réels

Entre juin 1998 et avril 1999, 101 communications à longue distance ont été passées depuis Montréal vers les provinces et états suivants 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 mesurages ont été effectués au moyen du montage décrit dans la Figure II.2. Les signaux émis et renvoyés ont été enregistrés pour chaque communication et les réponses en impulsion des trajets d'écho ont été calculées au moyen de la méthode décrite au § II.2.2.1. Le présent paragraphe rapporte les caractéristiques de trajet d'écho produites, d'après les mesures de trajet d'écho mentionnées ci-dessus.

### II.4.1.1 Temps de dispersion

La Figure II.6 représente l'histogramme du temps de dispersion de trajet d'écho. Le pourcentage le plus important du temps de dispersion se situait entre 5 ms et 7ms. Seules deux communications ont eu un temps de dispersion compris entre 11 ms et 12 ms. Aucune communication n'a eu un temps de dispersion supérieur à 12 ms.

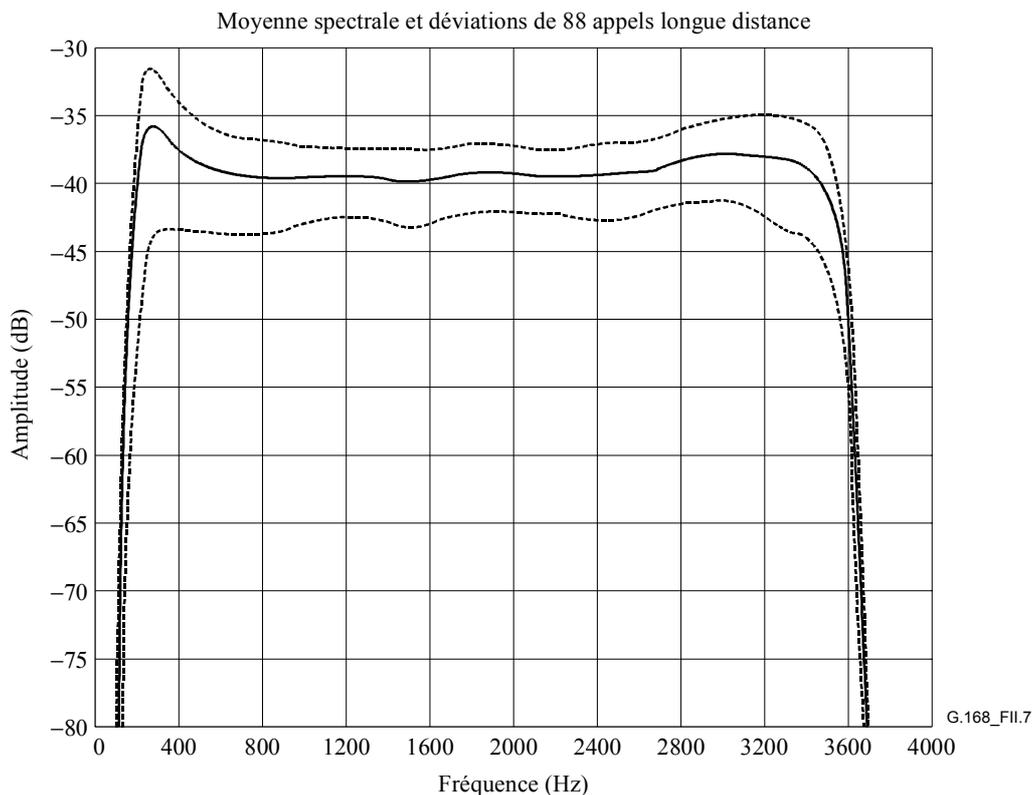


**Figure II.6/G.168 – Histogramme du temps de dispersion pour des communications à longue distance: moyenne = 6,02 ms, StD = 2,26 ms**

### II.4.1.2 Réponse en amplitude du trajet d'écho

La Figure II.7 est la moyenne des spectres d'amplitude des réponses en impulsion de trajets d'écho mesurés. Les réponses en impulsion ont été normalisées afin d'avoir une énergie unitaire avant le calcul du spectre. Le trait plein représente la moyenne et les deux lignes en pointillés représentent la région à I ( $1 \sigma$ ). Il apparaît que la différence de spectre d'amplitude n'est pas importante. Cela indique que les réponses en amplitude des trajets d'écho sont fortement cohérentes. Le spectre d'amplitude moyenné présente une petite crête autour de 250 Hz. De plus, les réponses en 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. McNees, I. Nasell et T. W. Thatcher, Jr., publié dans *Bell System Technical Journal*, 1974.



**Figure II.7/G.168 – Spectres d'amplitude des trajets d'écho pour des communications à longue distance (trajets d'écho normalisés pour avoir une énergie unitaire)**

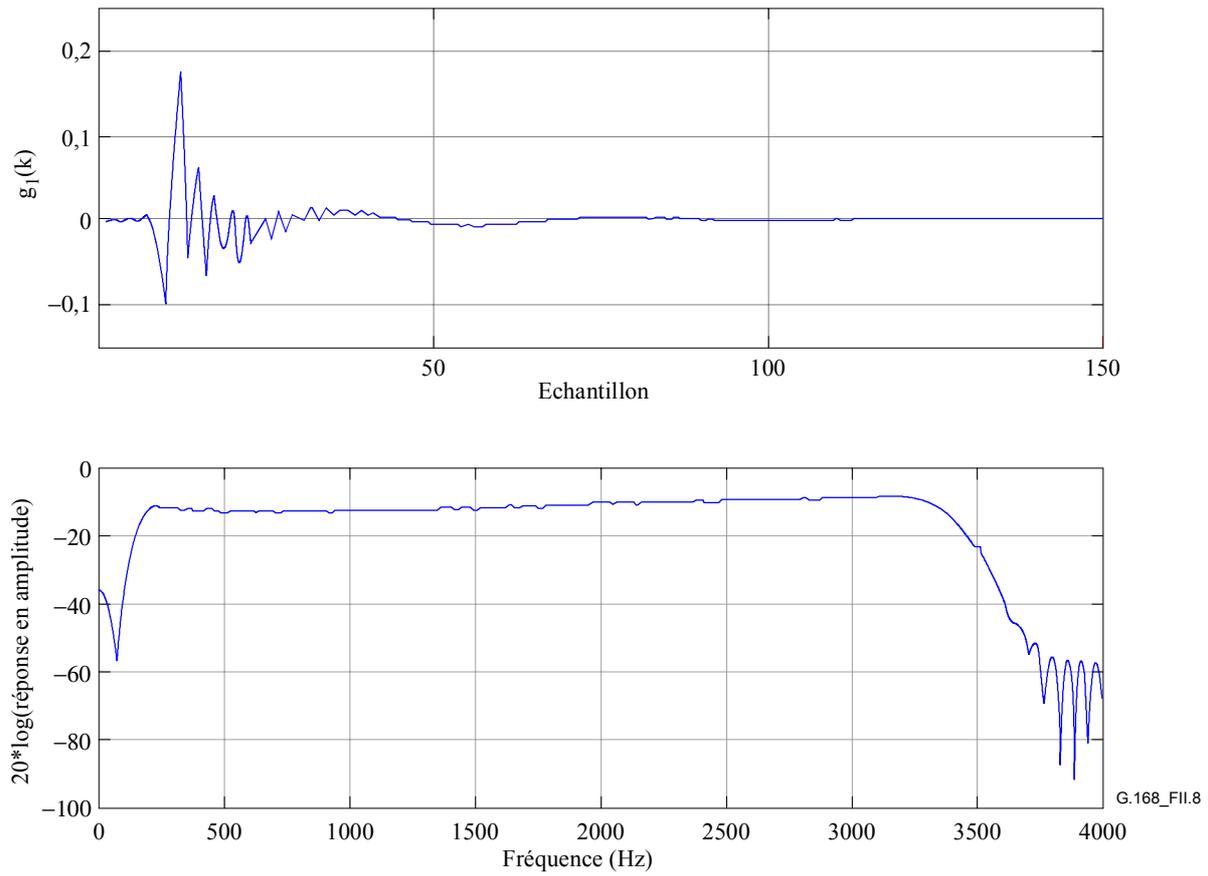
#### II.4.1.3 Réflexions multiples

Six réflexions doubles ont été observées sur les 101 communications à longue distance. Toutefois, les temps totaux de dispersion de ces doubles réflexions 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.

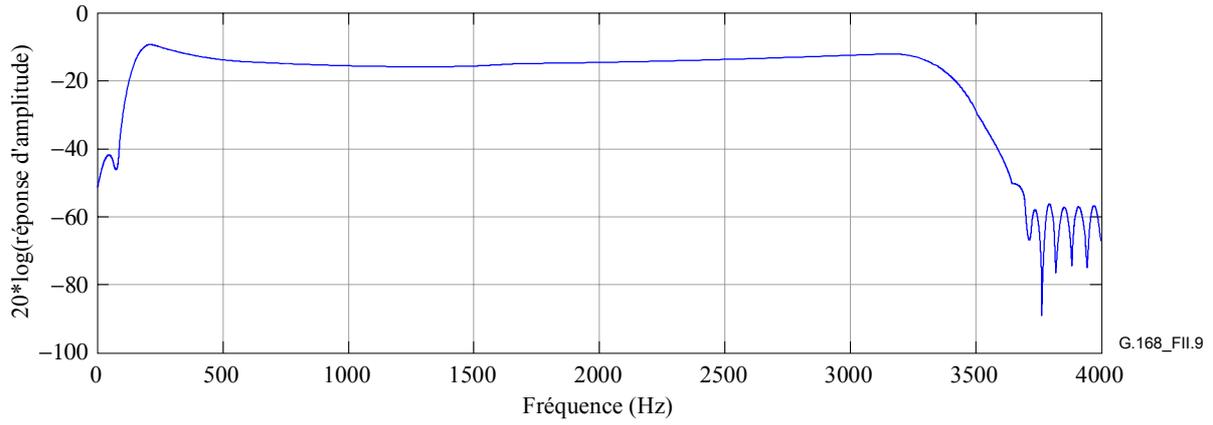
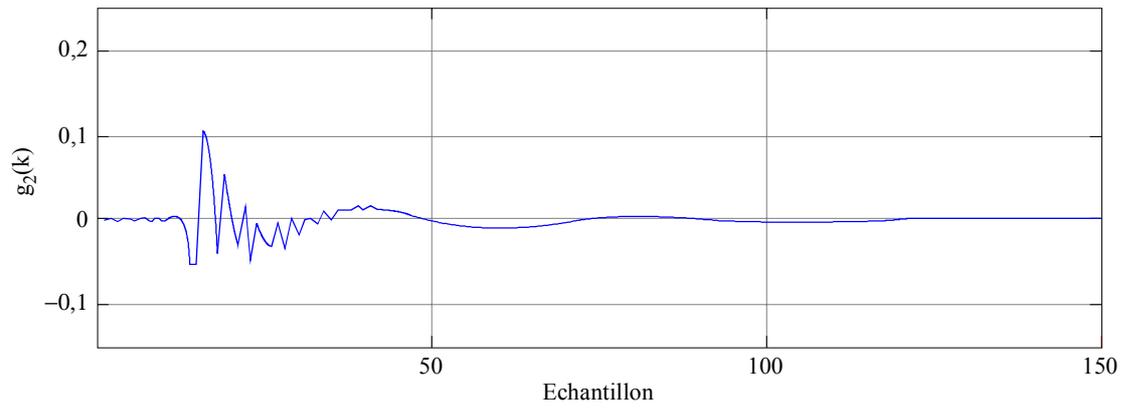
Le nombre de réflexions n'a pas été supérieur à deux lors des mesurages.

#### II.4.2 Caractéristiques extraites de mesures obtenues en Europe

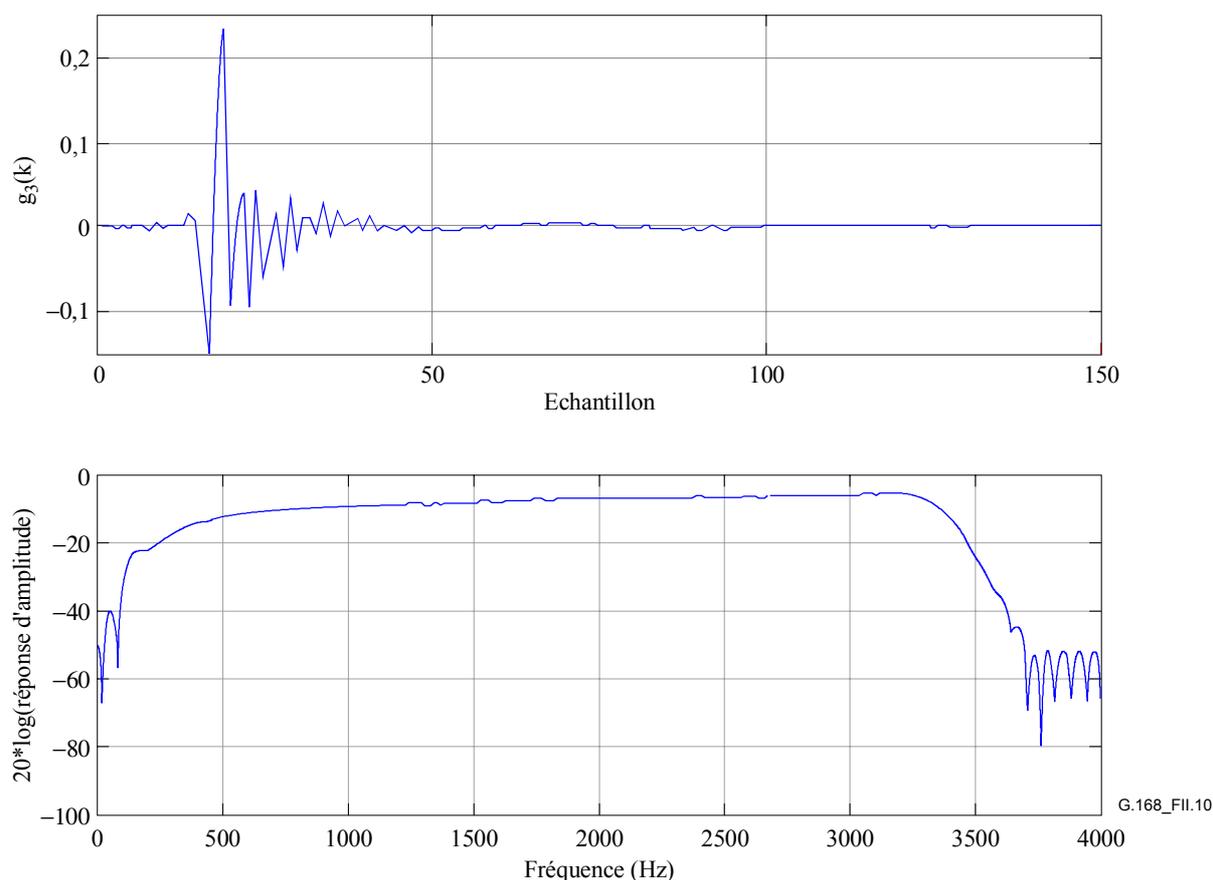
Des mesurages ont été effectués dans les réseaux téléphoniques français au moyen du montage décrit au § II.2.1. Il y a trois types de réponse en impulsion dans les trajets d'écho. Les réponses en impulsion et en fréquence de ces trois types de trajet d'écho sont représentées dans les Figures II.8 à II.10. Elles ont des caractéristiques équivalentes aux modèles de trajet d'écho  $m_1(k)$ ,  $m_5(k)$  et  $m_6(k)$  de l'Annexe D.



**Figure II.8/G.168 – Réponse en impulsion de trajet d'écho  $g_1$   
 (un affaiblissement ERL de 12 dB a été utilisé dans  
 le graphe de réponse en amplitude)**



**Figure II.9/G.168 – Réponse en impulsion de trajet d'écho  $g_2$   
(un affaiblissement ERL de 12 dB a été utilisé dans  
le graphe de réponse en amplitude)**



**Figure II.10/G.168 – Réponse en impulsion de trajet d'écho  $g_3$   
(un affaiblissement ERL de 12 dB a été utilisé dans  
le graphe de réponse en amplitude)**

## II.5 Conclusions

Le présent appendice résume les procédures de mesure et de calcul de la réponse en impulsion de trajet d'écho ainsi que ses caractéristiques. Il comprend également les résultats de plusieurs trajets d'écho mesurés en Amérique du Nord et en Europe. Ces résultats peuvent servir de référence afin de concevoir un trajet d'écho pour les essais d'annuleurs d'écho selon la présente Recommandation. Plus précisément, 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 en amplitude de la plupart des trajets 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.

## II.6 Bibliographie

- [1] BORISH (J.), ANGEL (J. B.): An efficient algorithm for measuring the impulse response using pseudo-random noise, *Journal of the Audio Engineering Society*, Vol. 31, pp. 478-488, 1983.

## Appendice III

### 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 puissent participer à la conversation, comme décrit dans la Figure III.1.

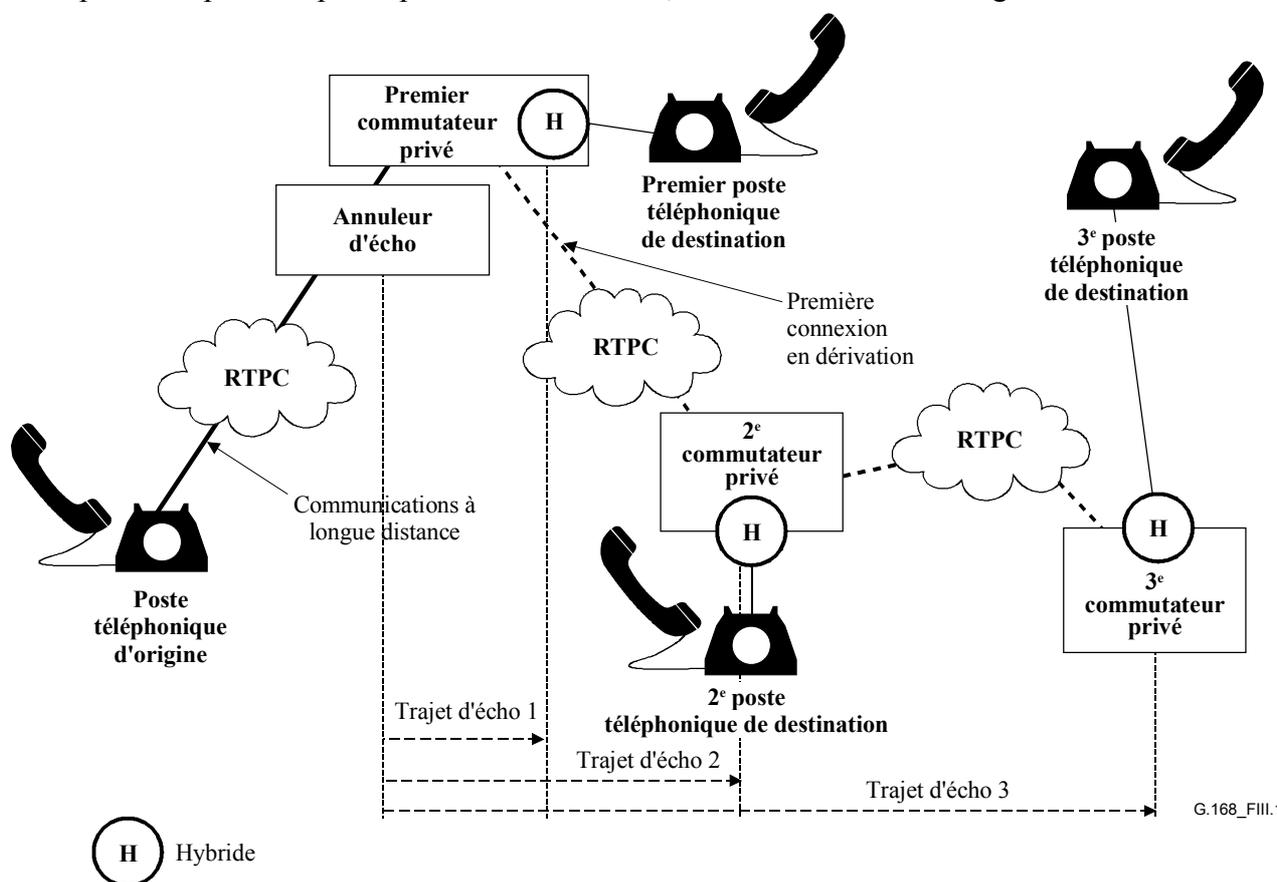


Figure III.1/G.168 – Sections multiples dans une communication téléphonique prolongée

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 le coupleur différentiel associé au premier commutateur privé, illustré par le trajet d'écho 1. Le destinataire situé au premier commutateur privé opère un prolongement vers un 2<sup>e</sup> poste de destination en utilisant la fonction de prolongement qui existe dans tout commutateur privé moderne. L'annuleur d'écho perçoit alors le deuxième coupleur différentiel, 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 prolongée vers une troisième destination, ce qui ajoute une autre section locale différentielle correspondant au 3<sup>e</sup> commutateur privé et retardée par la somme du temps écoulé dans le réseau entre les commutateurs 1 et 2 ainsi qu'entre les autocommutateurs 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 opérateurs 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
<b>Série G</b>	<b>Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques</b>
Série H	Systèmes audiovisuels et multimédias
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Réseaux câblés et transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	RGT et maintenance des réseaux: systèmes de transmission, circuits téléphoniques, télégraphie, télécopie et circuits loués internationaux
Série N	Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle
Série O	Spécifications des appareils de mesure
Série P	Qualité de transmission téléphonique, installations téléphoniques et réseaux locaux
Série Q	Commutation et signalisation
Série R	Transmission télégraphique
Série S	Equipements terminaux de télégraphie
Série T	Terminaux des services télématiques
Série U	Commutation télégraphique
Série V	Communications de données sur le réseau téléphonique
Série X	Réseaux de données et communication entre systèmes ouverts
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information et protocole Internet
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication