



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

P.562

(05/2000)

SÉRIE P: QUALITÉ DE TRANSMISSION
TÉLÉPHONIQUE, INSTALLATIONS TÉLÉPHONIQUES
ET RÉSEAUX LOCAUX

Appareils de mesures objectives

**Analyse et interprétation des mesures en
service sans intrusion dans les services vocaux**

Recommandation UIT-T P.562

(Antérieurement Recommandation du CCITT)

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE P
QUALITÉ DE TRANSMISSION TÉLÉPHONIQUE, INSTALLATIONS TÉLÉPHONIQUES ET RÉSEAUX
LOCAUX

Vocabulaire et effets des paramètres de transmission sur l'opinion des usagers	Série	P.10
Lignes et postes d'abonnés	Série	P.30 P.300
Normes de transmission	Série	P.40
Appareils de mesures objectives	Série	P.50 P.500
Mesures électroacoustiques objectives	Série	P.60
Mesures de la sonie vocale	Série	P.70
Méthodes d'évaluation objective et subjective de la qualité	Série	P.80 P.800
Qualité audiovisuelle dans les services multimédias	Série	P.900

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

Recommandation UIT-T P.562

Analyse et interprétation des mesures en service sans intrusion dans les services vocaux

Résumé

La présente Recommandation UIT-T donne des conseils concernant l'analyse et l'interprétation des mesures effectuées avec un dispositif de mesure en service sans intrusion (INMD, *in-service, non-intrusive measurement device*) pour les services vocaux. Elle décrit les méthodes à utiliser pour analyser les différents paramètres de mesure sur des communications uniques ou multiples. Les effets de l'emplacement d'un dispositif INMD sur les mesures y sont examinés et l'utilisation de modèles d'opinion des utilisateurs ainsi que la manière dont ces modèles peuvent être utilisés pour les mesures INMD y sont décrites. La présente Recommandation UIT-T examine également la manière dont les mesures INMD peuvent être appliquées à la planification et à la maintenance du réseau.

Source

La Recommandation P.562 de l'UIT-T, élaborée par la Commission d'études 12 (1997-2000) de l'UIT-T, a été approuvée le 18 mai 2000 selon la procédure définie dans la Résolution n° 1 de la CMNT.

AVANT-PROPOS

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

La Conférence mondiale de normalisation des télécommunications (CMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'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 n° 1 de la CMNT.

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

NOTE

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

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

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

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

© UIT 2001

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

TABLE DES MATIÈRES

	Page
1	Domaine d'application..... 1
2	Références normatives 1
3	Abréviations et définitions..... 2
3.1	Abréviations 2
3.2	Définitions 3
4	Interprétation des mesures INMD 3
4.1	Mesures sur communication unique 3
4.2	Mesures sur communications multiples 5
4.3	Effectif d'échantillon 6
4.3.1	Intervalles de confiance pour mesures moyennes 6
4.3.2	Intervalles de confiance pour la fixation de seuils..... 7
5	Influence du lieu du dispositif INMD dans le réseau 7
5.1	Contexte..... 8
5.2	Implantation du dispositif INMD du côté sortant de la tête de ligne internationale.... 8
5.2.1	Avantages..... 9
5.2.2	Inconvénients..... 9
5.3	Implantation du dispositif INMD du côté entrant de la tête de ligne internationale.... 9
5.3.1	Avantages..... 9
5.3.2	Inconvénients..... 9
5.4	Impact comparé des deux scénarios sur les mesures recommandées par la Recommandation UIT-T P.561 10
5.5	Discussion 12
5.6	Conclusion..... 13
6	Utilisation des mesures INMD pour prédire l'opinion moyenne des clients..... 13
6.1	Utilisation d'un modèle pour prédire l'opinion des clients..... 13
6.2	Hypothèses..... 14
6.3	Modèle..... 16
6.3.1	Hypothèses sur le réseau et sur le locuteur 16
6.3.2	Modèle d'hypothèses..... 17
6.3.3	Modèle de perception de l'affaiblissement et du bruit 17
6.3.4	Modèle de perception de l'écho et du retard 17
6.3.5	Sortie du modèle..... 17
6.4	Prédictions..... 17
6.4.1	Valeurs uniques d'indice de netteté des logatomes 17
6.4.2	Valeurs multiples d'indice de netteté des logatomes 18
6.5	Diagnostics faisant appel à un modèle d'opinion 19
7	Utilisation de mesures INMD pour la planification du réseau..... 19
8	Utilisation des mesures INMD pour la maintenance des réseaux..... 20

	Page
8.1	Objectifs fournis par des Recommandations de la série G 20
8.1.1	Objectifs en termes de mesures de niveau vocal 21
8.1.2	Objectifs en termes de mesures de bruit 21
8.1.3	Objectifs en termes de mesures de puissance d'écho 22
8.1.4	Objectifs en termes de retard d'extrémité 22
8.2	Techniques de fixation de seuil additionnelles, utilisées pour la direction de maintenance 23
Annexe A	Description du modèle d'indice de netteté des logatomes 24
A.1	Introduction 24
A.2	Equations du modèle 27
A.2.1	Multiplicateur d'écho et retard, E 27
A.2.2	Note d'opinion avant l'écho, $Y_{Cpre-echo}$ 31
A.3	Sortie du modèle 35
A.4	Valeurs de pondération 36
A.4.1	Pondération des équivalents en sonie 36
A.4.2	Pondérations de l'indice LOI 37
A.5	Hypothèses/fichiers de données 37
A.5.1	Valeurs des données pour le locuteur et pour l'auditeur 38
A.5.2	Valeurs des données téléphoniques 39
A.5.3	Valeurs des données de bruit 40
A.6	Equations diverses 41
Annexe B	Mappage des mesures INMD sur le modèle E 41
B.1	Algorithmes mettant les mesures INMD en relation avec les paramètres du modèle E 41
B.1.1	Algorithmes mettant les mesures INMD en relation avec les paramètres d'affaiblissement du modèle E 42
B.1.2	Algorithmes mettant les mesures INMD en relation avec les paramètres de bruit du modèle E 43
B.1.3	Algorithmes mettant des mesures INMD en relation avec les paramètres d'écho du modèle E 43
B.1.4	Equations pour le modèle E au moyen de mesures INMD 44
Appendice I	Détails sur la comparaison des emplacements de dispositifs INMD dans le réseau 45
Appendice II	Techniques statistiques pour mesures INMD multiples 48
II.1	Intervalle de confiance 48
II.2	Test d'hypothèse pour la moyenne d'une série de mesures par rapport à une valeur fixe 48
II.3	Test d'hypothèse pour les moyennes de deux séries de mesures 49
Appendice III	Techniques statistiques pour calculs des seuils INMD 50
III.1	Introduction 50
III.2	Approche théorique 50
III.3	Approximations 53

Recommandation UIT-T P.562

Analyse et interprétation des mesures en service sans intrusion dans les services vocaux

1 Domaine d'application

La présente Recommandation UIT-T donne des conseils concernant l'analyse et l'interprétation des mesures en service vocal effectuées avec un dispositif de mesure en service sans intrusion (INMD, *in-service, non-intrusive measurement device*). Il convient de l'utiliser en association avec la Recommandation UIT-T P.561: dispositif de mesure en service et sans intrusion – Mesures pour les services vocaux [1].

Les dispositifs INMD sont principalement utilisés pour le mesurage de paramètres de qualité vocale comme le volume téléphonique, le bruit et l'écho. Les dispositifs INMD peuvent aussi servir à mesurer des paramètres associés à des systèmes de transmission numérique qui ont une influence sur les caractéristiques des voies d'information vocale qu'ils comportent. Les dispositifs INMD peuvent être utilisés de façon autonome ou dans le cadre d'un élément de réseau. On peut les déployer à certains nœuds choisis de commutation et d'équipement de réseaux de télécommunication afin de mesurer en service les paramètres de qualité des services vocaux et afin de localiser puis analyser des anomalies de réseau. Dans le cas du réseau commuté, l'analyse de ces anomalies s'effectue plus facilement quand les informations de communication (le numéro des adresses appelante et appelée, la répartition des circuits utilisés par exemple) sont connues, conjointement avec les caractéristiques mesurées.

La présente Recommandation UIT-T est subdivisée en paragraphes comme suit. Le paragraphe 2 énumère les références aux normes associées. Le paragraphe 3 indique les abréviations et définitions utilisées dans la présente Recommandation. Le paragraphe 4 décrit comment il y a lieu d'interpréter des mesures INMD individuelles ainsi que les limitations de cette méthode. Le paragraphe 5 analyse l'incidence sur les mesures de l'emplacement du dispositif INMD dans le réseau. Le paragraphe 6 montre comment l'on peut utiliser des mesures INMD pour prédire l'opinion moyenne des utilisateurs et comment il y a lieu d'interpréter ces prédictions. Le paragraphe 7 étudie comment les mesures INMD peuvent être appliquées à la planification de réseau au moyen du Modèle E [2]. Le paragraphe 8 montre comment des mesures INMD peuvent être utilisées pour la maintenance du réseau. On trouvera en Annexe A tous les détails du modèle recommandé pour prédire l'opinion moyenne des utilisateurs et en Annexe B la façon détaillée d'appliquer des mesures INMD dans le modèle E.

2 Références normatives

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

- [1] Recommandation UIT-T P.561 (1996), *Dispositif de mesure en service et sans intrusion – Mesures pour les services vocaux*.
- [2] Recommandation UIT-T G.107 (1998), *Le modèle E, modèle de calcul utilisé pour la planification de la transmission*.
- [3] Recommandation UIT-T G.100 (1993), *Définitions utilisées dans les Recommandations sur les caractéristiques générales des connexions et des circuits téléphoniques internationaux*.
- [4] Recommandation UIT-T G.131 (1996), *Réduction de l'écho pour le locuteur*.

- [5] Recommandation UIT-T G.169 (1999), *Dispositifs de commande automatique de niveau.*
- [6] Recommandation UIT-T P.800 (1996), *Méthodes d'évaluation subjective de la qualité de transmission.*
- [7] Recommandation UIT-T G.108 (1999), *Application du modèle E: guide de planification.*
- [8] Recommandation UIT-T G.109 (1999), *Définition de catégories de qualité de transmission vocale.*
- [9] Recommandation UIT-T G.113 (1996), *Dégradations de la transmission.*
- [10] Recommandation UIT-T G.114 (1996), *Temps de transmission dans un sens.*
- [11] Recommandation UIT-T G.120 (1998), *Caractéristiques de transmission des réseaux nationaux.*
- [12] Recommandation UIT-T G.121 (1993), *Équivalents pour la sonie des systèmes nationaux.*
- [13] 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.*
- [14] Recommandation UIT-T P.79 (1993), *Calcul des équivalents pour la sonie des postes téléphoniques.*
- [15] Recommandation CCITT P.76 (1988), *Détermination des équivalents pour la sonie; principes fondamentaux.*
- [16] Recommandation CCITT G.223 (1988), *Hypothèses pour le calcul du bruit sur les circuits fictifs de référence pour la téléphonie.*
- [17] Recommandation CCITT G.212 (1988), *Circuits fictifs de référence pour systèmes analogiques.*

3 Abréviations et définitions

3.1 Abréviations

La présente Recommandation UIT-T utilise les abréviations suivantes:

ALC	commande automatique de niveau (<i>automatic level control</i>)
CCI	centre de commutation international
CCI	indice de netteté des logatomes (<i>call clarity index</i>)
CDR	journal détaillé des communications (<i>call data record</i>)
CL	commutateur local
DCME	équipement de multiplication de circuit numérique (<i>digital circuit multiplication equipment</i>)
EC	annuleur d'écho (<i>echo canceller</i>)
EL	affaiblissement d'écho (<i>echo loss</i>)
EPL	affaiblissement pour le trajet d'écho (<i>echo path loss</i>)
INMD	dispositif de mesure en service sans intrusion (<i>in-service non-intrusive measurement device</i>)
MIC	modulation par impulsions et codage
MOS	note moyenne d'opinion (<i>mean opinion score</i>)

OLR	équivalent global pour la sonie (<i>overall loudness rating</i>)
RLR	équivalent pour la sonie à la réception (<i>receiving loudness rating</i>)
SEPL	affaiblissement pour le trajet d'écho vocal (<i>speech echo path loss</i>)
SLR	équivalent pour la sonie à l'émission (<i>sending loudness rating</i>)
TELR	équivalent pour la sonie de l'écho pour le locuteur (<i>talker echo loudness rating</i>)
TSG	sous-faisceau de circuits (<i>trunk subgroup</i>)

3.2 Définitions

Pour les définitions non énumérées ci-dessous, consulter les Recommandations UIT-T P.561 [1] et G.100 [3].

3.2.1 modèle d'opinion des utilisateurs: un modèle d'opinion des utilisateurs sert à prédire l'opinion subjective moyenne des utilisateurs au moyen de mesures objectives.

3.2.2 opinion subjective: vue personnelle qui varie d'une personne à l'autre. Une opinion subjective n'est pas nécessairement la même lorsqu'elle est répétée dans les mêmes conditions externes. La qualité de communication est un exemple de mesure subjective.

3.2.3 mesure objective: une mesure objective est relevée au moyen d'un équipement de mesure. Elle est répétable dans les mêmes conditions externes. Le niveau de parole active est un exemple de mesure objective.

3.2.4 E1: interface G.703 fonctionnant à 2048 kbit/s, d'une capacité de transport de 32 canaux de 64 kbit/s chacun.

3.2.5 T1: interface G.703 fonctionnant à 1544 kbit/s, d'une capacité de transport de 24 canaux de 64 kbit/s chacun.

4 Interprétation des mesures INMD

Les dispositifs INMD surveillent en permanence le réseau. Ils ont la capacité de produire de grandes quantités de données, dont l'interprétation est déterminante pour comprendre la qualité du réseau surveillé. Le présent paragraphe donne des directives sur la façon dont des mesures individuelles en service vocal doivent être interprétées et sur la façon dont les mesures issues de nombreuses communications peuvent être collectées. Les applications, avantages et limitations sont décrits pour chaque cas.

4.1 Mesures sur communication unique

Les mesures en service vocal au moyen d'un dispositif INMD sont décrites dans la Recommandation UIT-T P.561 [1]. Les mesures minimales requises sont le niveau vocal, le niveau de bruit, le retard d'extrémité et au moins un type de mesure d'affaiblissement d'écho.

Chacun de ces paramètres permet de déterminer ou de prédire certain(s) aspect(s) de la qualité du réseau pour une communication particulière. Les paramètres mesurés par un dispositif INMD caractérisent la connexion établie dans un seul sens du réseau entre chaque locuteur et l'équipement INMD. La connexion établie dans l'autre sens du réseau, allant de l'équipement INMD à l'auditeur, n'est pas mesurée. La seule exception à cette règle est la mesure du trajet d'écho, qui donne certaines informations sur la connexion du réseau entre l'équipement INMD et la source de l'écho réfléchi (habituellement l'hybride de 4 fils à 2 fils), puis entre cette source et l'INMD. En d'autres termes, la majorité des dégradations dans le trajet de réception, dans le sens INMD-auditeur, ne peut pas être détectée par un dispositif INMD.

Le Tableau 1 décrit certains aspects de qualité du réseau qui peuvent être déduits de paramètres de mesure sur communication unique en service vocal. Les éventuelles hypothèses formulées lors du calcul de la qualité du réseau sont également énumérées.

Tableau 1/P.562 – Aspects de qualité du réseau déduits des paramètres de mesure INMD

Paramètre	Aspect de qualité du réseau	Hypothèses formulées
Niveau de parole active	ESE	Niveau vocal du locuteur
Niveau de bruit psophométrique	Niveau de bruit de circuit introduit par le réseau	Niveau de bruit de salle
Affaiblissement d'écho Affaiblissement pour le trajet d'écho Affaiblissement pour le trajet d'écho vocal	Fonctionnement ou présence d'annuleurs d'écho Qualité des hybrides	
Retard d'extrémité	Temps de transmission de la connexion	Temps de propagation local
Facteur d'activité	Précision des autres paramètres (par exemple 90% d'activité dans les deux sens peut signifier que le bruit est classifié comme de la parole) Type de communication (par exemple message enregistré)	Habitudes normales de conversation
Mutilation de la parole	Qualité des détecteurs d'activité vocale (par exemple dans les équipements DCME)	
Ecrêtage par saturation	Ecrêtage d'amplitude et distorsion	
Parole simultanée	Indicateur grossier du temps de propagation de la connexion	Habitudes normales de conversation
Transmission dans un seul sens	Brefs délestages du réseau	Conversation dans les 2 sens

Lors de l'interprétation de mesures INMD en service vocal, les résultats d'une communication doivent idéalement être considérés comme un ensemble. La recherche isolée de paramètres particuliers peut donner lieu à des conclusions erronées concernant la qualité de la connexion. Par ailleurs, les données issues d'une même communication sont sujettes à des variations en termes de voix et d'équipements des utilisateurs. Il y a lieu de tenir compte de ces variations lors de l'étude de ces données. Les exemples ci-dessous montrent comment des mesures possibles peuvent être interprétées de façon erronée.

Exemple 1

Les mesures issues d'une communication montrent que l'affaiblissement pour le trajet d'écho est faible et que le retard d'extrémité est faible. Un faible affaiblissement pour le trajet d'écho indique qu'un écho notable est présent et la communication est censée être de qualité médiocre.

Comme cependant le retard d'extrémité est également faible, l'utilisateur n'entend l'écho que sous la forme d'un effet local, de sorte qu'il perçoit la communication comme étant de bonne qualité. Cette communication sera correctement classifiée lors de l'utilisation d'un modèle d'opinion d'utilisateur (comme celui qui est décrit au paragraphe 6: utilisation de mesures INMD pour prédire l'opinion moyenne des utilisateurs).

L'on trouvera dans la Recommandation UIT-T G.131 [4] de plus amples informations sur l'écho et le temps de propagation, ainsi que sur la limitation de l'écho.

Exemple 2

Les mesures relevées lors d'une communication révèlent l'absence de bruit perceptible et des niveaux moyens de conversation active, ce qui peut initialement sembler correspondre à une bonne qualité de communication. L'examen du facteur d'activité vocale révèle une activité vocale supérieure à 90% dans les deux sens.

La cause de cette anomalie de structure conversationnelle peut être que des bruits ou des échos de haut niveau sont interprétés comme de la parole. En pratique, cette communication peut être gravement dégradée et peut nécessiter un contrôle.

4.2 Mesures sur communications multiples

La collecte des données de mesure contribue à réduire les variations dues aux voix et aux équipements des utilisateurs. Lors de la collecte des paramètres de mesure, il convient de tenir compte du but visé par l'acquisition de ces informations.

Les données métrologiques à utiliser pour rapporter des statistiques de performance doivent être sélectionnées selon un groupage spécifique. Les groupages dont l'utilisation est recommandée sont énumérés dans le Tableau 2.

Tableau 2/P.562 – Groupages recommandés pour la collecte des paramètres INMD

Groupage	Description
Liaison physique	Support d'accès unique; normalement E1/T1
Route	Ensemble de liaisons physiques vers la même destination
Province	Ensemble de routes vers une seule zone géographique dans un pays
Transporteur	Ensemble de routes acheminées vers un pays par une entreprise spécifique
Pays	Ensemble de routes vers un pays spécifique

Une fois que les données relatives à un paramètre donné ont été collectées pour un groupage particulier, il convient de les traiter au moyen de la procédure suivante:

Etape 1 Exclure toutes les mesures non valides. Une mesure non valide est définie comme étant, soit un code par défaut, soit une valeur extérieure à l'étendue spécifiée de l'appareil de mesure. Les éventuels codes par défaut qui peuvent être convertis fidèlement en mesures valides doivent cependant être convertis et comptés comme étant valides. Par exemple, un code par défaut représentant la valeur "aucun écho détecté" peut être converti en un affaiblissement pour le trajet d'écho égal à la limite maximale de l'étendue spécifiée de l'appareil de mesure.

Etape 2 Il y a lieu d'utiliser un effectif d'échantillon suffisant pour donner des résultats statistiquement significatifs. Ce point est développé au 4.3, Effectif d'échantillon.

Etape 3 Calculer la moyenne et l'écart type de l'échantillon.

Etape 4 Calculer le pourcentage de mesures valides qui dépassent les valeurs de seuil maximale et minimale préétablies. Le Tableau 3 énumère les valeurs de seuil recommandées pour les paramètres les plus courants. Etant donné cependant que les objectifs de qualité de réseau sont variables, différentes Administrations peuvent préférer fixer leurs propres seuils. Les seuils utilisés doivent toujours être indiqués avec les résultats.

Etape 5 Les données suivantes doivent être indiquées:

- groupage utilisé;
- date et heure de la collecte des mesures;
- valeurs de seuil utilisées;
- effectif de l'échantillon;
- moyenne, médiane et écart type de l'échantillon;
- pourcentage d'échantillons au-dessus de la valeur seuil maximale;
- pourcentage d'échantillons au-dessous de la valeur seuil minimale.

Tableau 3/P.562 – Seuils recommandés pour mesures d'appels multiples

Paramètre	Valeurs de seuil recommandées	
	minimum	maximum
Niveau de conversation active	-35 dBm0	-6 dBm0
Niveau de bruit psophométrique	Néant	-50 dBmp
Affaiblissement pour le trajet d'écho	15 (Note 1) dB ou 35 (Note 2) dB	Néant
Retard d'extrémité (aller-retour) (Note 3)	Néant	40 (Note 1) ms ou 800 (Note 2) ms
NOTE 1 – Pour les connexions sans annuleurs d'écho.		
NOTE 2 – Pour les connexions avec annuleurs d'écho.		
NOTE 3 – C'est la somme des valeurs de temps de propagation proche et distante.		

4.3 Effectif d'échantillon

Compte tenu des intervalles de confiance pour un ensemble de mesures, les facteurs suivants influencent les effectifs d'échantillon minimaux qui sont requis:

- écart type de la répartition de la population;
- seuil de signification requis pour l'intervalle de confiance (par exemple 95%)
- précision requise de l'intervalle de confiance (par exemple ± 1 dB ou $\pm 5\%$)

Il existe deux types différents d'analyse: les mesures moyennes et les seuils relatifs. Chaque type nécessite un effectif minimal d'échantillon particulier et est examiné dans les sous-paragraphes suivants.

4.3.1 Intervalles de confiance pour mesures moyennes

La détermination d'un intervalle de confiance pour une mesure moyenne implique le calcul de la moyenne et de l'écart type d'un échantillon de mesures. Le nombre minimal d'échantillons requis dépend des facteurs ci-dessus. L'Appendice II donne des exemples d'utilisation de ces facteurs pour calculer l'effectif minimal requis. Le Tableau 4 montre également des effectifs minimaux types d'échantillon.

Tableau 4/P.562 – Exemples d'effectifs minimaux d'échantillon pour calculs de moyenne

Paramètre	Ecart type (dB ou ms)	Intervalle de confiance (%)	Précision requise (\pm)	Effectif d'échantillon minimal
Niveau vocal	7	95	1 dB	188
Niveau de bruit	6	95	1 dB	138
Affaiblissement pour le trajet d'écho	8	95	1 dB	246
Retard d'extrémité	4	95	1 ms	61

4.3.2 Intervalles de confiance pour la fixation de seuils

La fixation de seuils implique le calcul du pourcentage de mesures supérieures ou inférieures à un seuil pour un échantillon de mesures. Un effectif d'échantillon approprié dépend de la précision requise et du facteur de confiance pour que la précision spécifiée soit atteinte. Le nombre d'échantillons peut être calculé théoriquement. Le détail des calculs à effectuer à cet effet est donné dans l'Appendice III. Le graphique de la Figure 1 indique les effectifs minimaux d'échantillon pour des intervalles de confiance, α , de 95% et 98%.

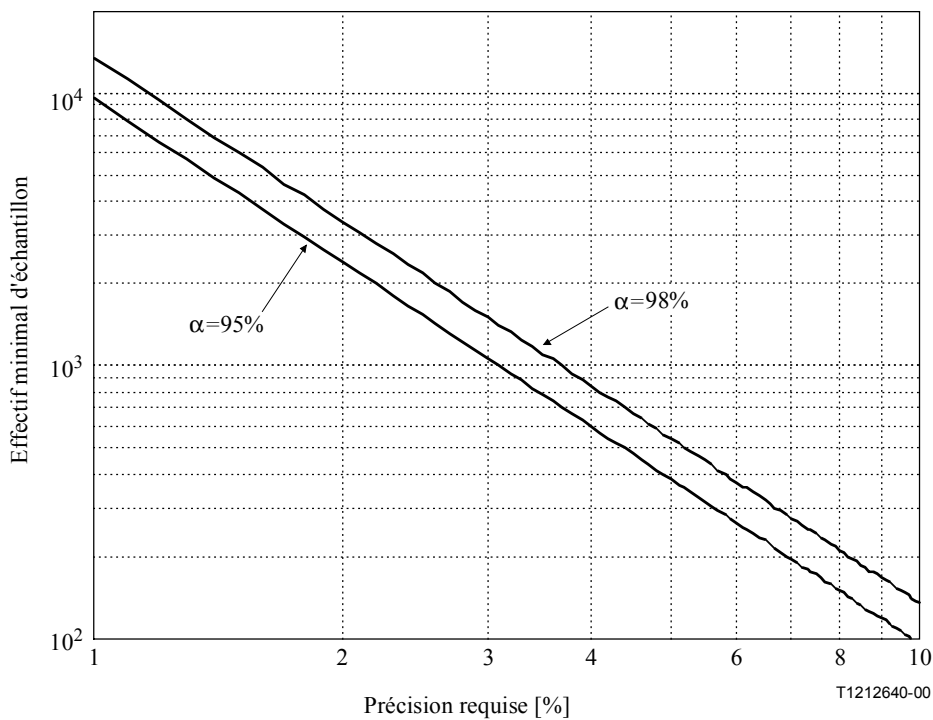


Figure 1/P.562 – Effectifs minimaux d'échantillon recommandés pour calculs de seuil

5 Influence du lieu du dispositif INMD dans le réseau

Bien que, comme cela est indiqué dans la Recommandation P.561 UIT-T [1], les dispositifs de mesure en service sans intrusion (INMD) puissent être connectés à toute interface 4 fils d'une liaison à signaux numériques DS1, ils sont le plus souvent installés dans les têtes de ligne internationales.

Dans le présent paragraphe, deux emplacements différents sont pris en considération pour un dispositif INMD situé dans une tête de ligne internationale: du côté sortant et du côté entrant. Dans les deux scénarios, l'on décrit l'influence, sur le mesurage non intrusif des paramètres, des dispositifs de transmission et/ou de traitement situés à l'intérieur et à l'extérieur de la tête de ligne internationale. Finalement, des applications sont suggérées pour chaque scénario avec les caractéristiques propres intéressant un exploitant de réseau.

5.1 Contexte

Dans cet exposé, l'on ne retiendra que les situations dans lesquelles le réseau d'un exploitant, appelé "extrémité proche" est connecté au réseau d'un autre exploitant, appelé "extrémité distante", par l'intermédiaire d'une liaison internationale. La communication fictive de référence d'une telle liaison peut être représentée par les éléments de la Figure 2.

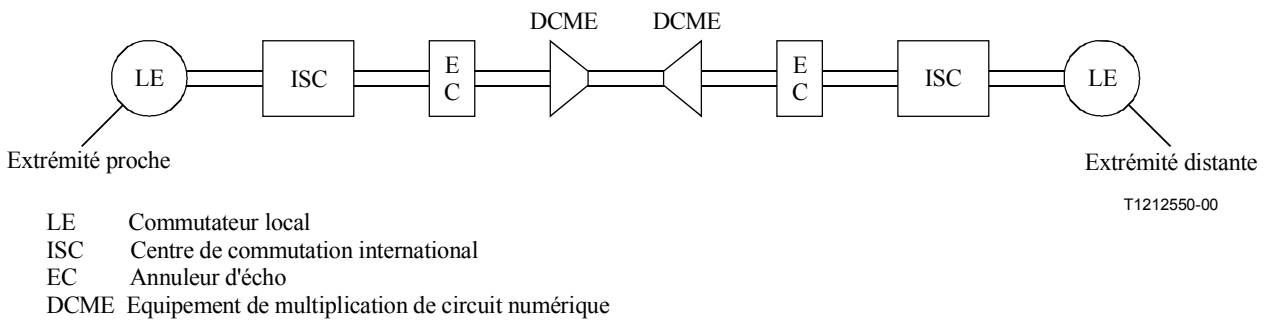


Figure 2/P.562 – Communication internationale fictive de référence

Dans certains cas, aucun équipement DCME ni annuleur d'écho (EC, *echo canceller*) n'est présent dans la connexion. Mais l'on suppose ici qu'ils sont présents dans les communications mesurées par dispositifs INMD. L'influence des annuleurs d'écho et des commandes ALC dans les réseaux nationaux n'est pas prise en compte dans l'analyse suivante.

5.2 Implantation du dispositif INMD du côté sortant de la tête de ligne internationale

Une utilisation courante des dispositifs INMD consiste à les connecter à un circuit international à débit E1/T1, du côté sortant du centre de commutation international, au-delà de l'annuleur d'écho, comme représenté sur la Figure 3.

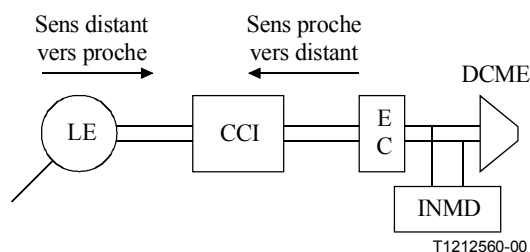


Figure 3/P.562 – Implantation du dispositif INMD du côté sortant de la tête de ligne internationale

5.2.1 Avantages

- Les mesures sont relevées aussi bien dans le sens "proche vers distant" que "distant vers proche" du circuit E1/T1, de sorte que si un problème est détecté, le circuit E1/T1 défectueux (et l'intervalle temporel correspondant) sera connu.
- Le mesurage de l'écho est effectué compte tenu des effets des annuleurs d'écho de l'extrémité proche comme de l'extrémité distante.

5.2.2 Inconvénients

- Les mesures sont confinées aux circuits E1/T1 connectés. Pour contrôler la qualité de toutes les destinations, il faut connecter un grand pourcentage de ces circuits, ce qui nécessite un grand système de surveillance produisant de grands volumes de données qu'il faut mémoriser et gérer.
- La plupart des systèmes utilisent des informations qu'il faut décoder. Dans le réseau international, il existe plusieurs systèmes de signalisation (R2, C5, différents niveaux de C7: TUP, TUP+, ISUP), chacun nécessitant un logiciel de décodage spécifique.

5.3 Implantation du dispositif INMD du côté entrant de la tête de ligne internationale

Une autre implémentation consiste à connecter le dispositif INMD à un circuit E1/T1 national, du côté entrant du centre de commutation international, comme représenté sur la Figure 4.

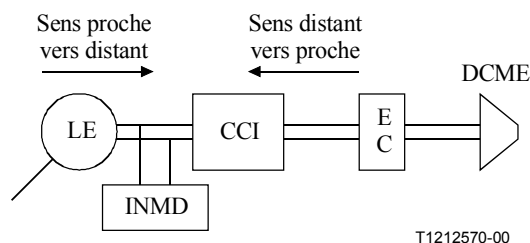


Figure 4/P.562 – Implantation du dispositif INMD du côté entrant de la tête de ligne internationale

5.3.1 Avantages

- Les mesures peuvent être relevées sur des communications vers de nombreuses destinations par surveillance d'un petit nombre de circuits E1/T1. Le choix de quelques circuits E1/T1 transportant beaucoup de trafic international afin de couvrir une grande proportion du réseau national offre au système un volume important de communications vers de nombreuses destinations.
- Les systèmes qui décodent les informations de signalisation sont moins complexes car, sur la plupart des réseaux nationaux, le nombre des systèmes de signalisation est généralement limité à un ou deux, contrairement à leur plus grande diversité telle qu'elle est à prévoir dans les systèmes internationaux.

5.3.2 Inconvénients

- Si un problème est détecté, l'on ne voit pas immédiatement quel est le circuit E1/T1 sortant qui en est la cause. Une solution à ce problème peut consister à utiliser des journaux détaillés des communications (CDR, *call data record*).

- Les effets d'un quelconque annuleur d'écho à l'extrémité proche (affectant la personne située à l'extrémité distante) ne sont pas pris en compte. L'on recueille ainsi plus d'informations concernant la performance en termes de retard à l'extrémité proche et de qualité des hybrides. Mais aucune information n'est disponible quant à la performance des annuleurs d'écho à l'extrémité proche, qui peuvent avoir une influence notable sur la qualité perçue de la communication. L'exécution de mesurages d'écho et de temps de propagation est plus probable mais ne représente pas les signaux atteignant réellement l'oreille distante.

5.4 Impact comparé des deux scénarios sur les mesures recommandées par la Recommandation UIT-T P.561

Les implémentations décrites dans les deux paragraphes précédents peuvent être différenciés non seulement par leurs avantages et inconvénients respectifs mais aussi par leur effet sur les paramètres INMD dont la mesure est conforme à la Recommandation UIT-T P.561. Les effets d'équipements tels que les annuleurs d'écho (EC) [4] et les commandes automatiques de niveau (ALC) [5] sont indiqués dans le Tableau 5 et décrits ci-dessous.

Dans le Tableau 5, les termes "proche vers distant" et "distant vers proche" sont utilisés dans l'acception qu'ils ont dans la Recommandation UIT-T P.561. Le trajet d'écho proche à distant (ainsi que son temps de propagation et son affaiblissement) correspond au circuit parcouru par un signal vocal incident issu de l'extrémité proche, réfléchi à l'extrémité distante et revenant à l'extrémité proche.

Les scénarios 1 et 2 représentent respectivement des implantations INMD du côté sortant et du côté entrant de la tête de ligne internationale.

Tableau 5/P.562 – Comparaison des scénarios

	Scénario 1 – Côté sortant		Scénario 2 – Côté entrant	
	Sens proche vers distant	Sens distant vers proche	Sens proche vers distant	Sens distant vers proche
Niveau de conversation active Facteur d'activité vocale	Mesure de niveaux transmise par le réseau d'extrémité proche; inclut les effets EC et ALC à l'extrémité proche, si ces dispositifs sont présents.	Mesure de niveaux transmise par le réseau d'extrémité distante; ne comprend pas les effets de la commande ALC proche si elle est présente.	Mesure de niveaux issus du réseau d'accès de l'extrémité proche; ne comprend pas les effets de d'annuleur EC proche or ALC si elle est présente.	Mesure de niveaux transmis au réseau d'accès proche; inclut les effets de la commande ALC proche si elle est présente.
Niveau de bruit (Note 2)	Mesure de bruit transmise par le réseau d'extrémité proche; inclut le bruit éventuellement apporté par les dispositifs EC et ALC et par la signalisation analogique C5.	Mesure de bruit transmise par le réseau d'extrémité distante; ne comprend pas les effets de la commande ALC proche si elle est présente.	Mesure de bruit issus du réseau d'accès de l'extrémité proche; ne comprend pas les éventuels effets de dispositifs EC et ALC ou de signalisation analogique C5.	Mesure de bruit transmis au réseau d'accès proche; inclut les effets de commande ALC si elle est présente.
Retard d'extrémité (Notes 1 et 2)	La mesure ne comprend pas les retards de commutation et de traitement dans la tête de ligne proche.	La mesure inclut les retards de commutation et de traitement dans la tête de ligne proche.	La mesure inclut les retards de commutation et de traitement dans la tête de ligne proche.	La mesure ne comprend pas les retards de commutation et de traitement dans la tête de ligne proche. Echo mesuré avant traitement par EC.
Affaiblissement d'écho Affaiblissement pour le trajet d'écho Affaiblissement vocal sur le trajet d'écho	La mesure ne comprend pas les effets de la commande ALC proche si elle est présente. Une commande ALC défectueuse peut amplifier le signal d'écho.	La mesure inclut les effets EC et ALC à l'extrémité proche, si ces dispositifs sont présents.	La mesure inclut les effets de la commande ALC proche, si elle est présente. Une commande ALC défectueuse peut amplifier le signal d'écho.	La mesure ne comprend pas les effets de d'annuleur EC proche. Echo mesuré avant traitement par EC.
<p>NOTE 1 – Pour les deux scénarios, la valeur du temps de propagation moyen dans un seul sens reste identique et égale à la moitié de la somme des deux retards de boucle (s'ils peuvent être mesurés tous les deux).</p> <p>NOTE 2 – Les équipements DCME font partie du trajet de transmission international: ils ont donc la même influence sur les mesures dans les deux scénarios (bruit de confort, temps de transmission additionnel). C'est pourquoi ils ne sont pas mentionnés dans le tableau ci-dessus. La même remarque peut être faite pour la transmission analogique, qui peut provoquer du bruit et un affaiblissement asymétrique.</p>				

5.5 Discussion

La différence entre les deux implémentations décrites ci-dessus est importante en termes d'incidence sur les résultats de mesure. Selon le but visé par un exploitant de réseau utilisant un dispositif INMD, une des deux solutions sera plus appropriée. Afin de voir cela plus clairement, l'on distinguera les trois types suivants de liaison internationale:

liaison 1: avec annuleurs d'écho et avec équipement DCME des deux côtés;

liaison 2: avec annuleurs d'écho et sans équipement DCME des deux côtés;

liaison 3: sans annuleurs d'écho et sans équipement DCME des deux côtés.

Pour chaque paramètre, chaque scénario et chaque sorte de liaison, compte tenu de l'insertion de commandes ALC dans le centre de commutation international, il est possible d'estimer comment la perception de la qualité est évaluée pour les points de vue suivants:

- client à l'extrémité proche;
- client à l'extrémité distante;
- interconnexion.

Les valeurs en caractères normaux dans le Tableau 6 indiquent le nombre (entre 1 et 4) de paramètres dont la mesure est favorisée par ce scénario. On pourra trouver dans l'Appendice I des informations plus détaillées sur chacun de ces paramètres.

Tableau 6/P.562 – Pourcentage de mesures facilitant l'évaluation de la perception de qualité

		Scénario 1 – Sortant				Scénario 2 – Entrant			
		Liaison 1	Liaison 2	Liaison 3	TOTAL	Liaison 1	Liaison 2	Liaison 3	TOTAL
Avec ALC	Client à l'extrémité proche	1	1	2	33%	4	4	4	100%
	Client à l'extrémité distante	0	1	2	25%	0	1	2	25%
	Interconnexion	3	4	4	92%	0	1	2	25%
	TOTAL	33%	50%	67%	50%	33%	50%	67%	50%
Sans ALC	Client à l'extrémité proche	4	4	4	100%	4	4	4	100%
	Client à l'extrémité distante	2	4	4	83%	1	1	4	50%
	interconnexion	3	4	4	92%	1	2	4	58%
	TOTAL	75%	100%	100%	92%	50%	58%	100%	69%

NOTE Les nombres en caractères normaux indiquent le nombre de paramètres dont le scénario facilite le mesurage sur un total de quatre paramètres (niveau vocal, niveau de bruit, affaiblissement d'écho et temps de propagation).

Les pourcentages en caractères gras indiquent le pourcentage total de paramètres dont le scénario facilite le mesurage sur la base d'un maximum de quatre paramètres par situation.

Si l'on compare la qualité globale des deux scénarios, ceux-ci sont équivalents lorsque la commande ALC est présente; mais, sans commande ALC, le scénario 1 fournit des informations plus utiles que le scénario 2. La comparaison qualitative pour chaque type d'application révèle des différences significatives entre les deux scénarios.

Si l'objet de la surveillance de la qualité de transmission est surtout de superviser les interconnexions avec d'autres réseaux, l'implémentation de dispositifs INMD du côté sortant (scénario 1) est la meilleure solution.

L'implémentation du côté entrant (scénario 2) offre cependant à l'exploitant les informations les plus utiles en termes de qualité vocale perçue par les clients de l'extrémité proche en présence de la commande ALC.

Lorsque des commandes ALC ne sont pas utilisées, le scénario 2 n'offre pas d'avantages par rapport au scénario 1 en termes de mesures.

La différence constante entre les deux implémentations est le coût. Il est plus économique d'implémenter un dispositif INMD du côté national (scénario 2), de sorte que si deux transporteurs interconnectés ont chacun implémenté un système du côté national et en ont partagé les résultats, il en résultera une indication plus précise quant à la qualité perçue par les utilisateurs à chaque extrémité du réseau. La localisation d'éventuels dérangements du côté sortant sera cependant plus difficile si l'on utilise un dispositif INMD du côté national.

5.6 Conclusion

L'analyse du lieu d'un dispositif INMD à l'intérieur d'une chaîne de connexion internationale montre qu'il n'y a pas d'utilisation unique d'un tel appareil de mesure et que, selon le but final d'un exploitant de réseau, chaque scénario présente des avantages et des inconvénients.

Les avantages de chaque scénario peuvent être résumés comme suit:

- l'implémentation du côté sortant fournit l'indication la plus précise de la qualité fournie par le réseau d'extrémité proche au réseau d'extrémité distante et fournit des informations utiles sur le fonctionnement ou la présence d'annuleurs d'écho;
- l'implémentation du côté entrant fournit l'indication la plus précise de la qualité fournie à l'utilisateur du réseau d'extrémité proche dans le cas particulier où une commande ALC est activée à cette extrémité. Cette implémentation peut aussi constituer une solution plus économique.

Une évaluation plus complète de la qualité vocale de bout en bout peut être obtenue si deux transporteurs interconnectés partagent leurs résultats de mesure et leur connaissance des caractéristiques de leur réseau respectif d'accès à l'extrémité proche.

6 Utilisation des mesures INMD pour prédire l'opinion moyenne des clients

Les paramètres de mesure individuels, en tant que tels, ne fournissent pas une représentation complète de la connexion. Un modèle d'opinion des clients peut être utilisé afin d'intégrer, sous la forme d'un seul chiffre de prédiction de qualité, toutes les informations recueillies au moyen de nombreux paramètres de mesure.

Le présent paragraphe décrit le modèle recommandé pour prédire l'opinion moyenne des clients à partir de mesures relevées par un dispositif INMD. Ce modèle, appelé indice de netteté des logatomes (CCI, *call clarity index*) a été expressément conçu pour être utilisé avec des mesures sans intrusion. Il a été démontré qu'il était plus robuste que les modèles de planification utilisés à cette fin.

6.1 Utilisation d'un modèle pour prédire l'opinion des clients

Les modèles d'opinion des usagers tentent de mapper des mesures objectives de qualité du réseau sur des opinions subjectives. Un modèle d'opinion des clients concernant des dispositifs INMD devra donc être en mesure d'associer la qualité du réseau (représentée par des mesures objectives comme le niveau vocal, l'affaiblissement d'écho, etc.) à la qualité perçue par l'utilisateur (représentée par une note d'opinion).

Les avantages de l'utilisation d'un modèle pour interpréter des mesures INMD sont les suivants:

- 1) identification d'effets combinatoires qui sont incorrectement classifiés lorsqu'on utilise des mesures individuelles;
- 2) réduction du volume de données (un seul chiffre représente maintenant la qualité mesurée, au lieu de nombreuses mesures individuelles);
- 3) intégration dans le modèle de connaissances spécialisées concernant les effets des dégradations sur la qualité perçue par les clients.

L'avantage 1 est illustré par les Figures 5 et 6 ci-dessous. A titre d'exemple, seuls deux paramètres sont pris en compte ci-dessous: l'affaiblissement d'écho et le retard d'extrémité, alors qu'en réalité le problème est multidimensionnel. L'utilisation de seuils indépendants pour chaque paramètre permet d'identifier comme des échecs les combinaisons de mesures marquées d'une croix dans la Figure 5 et comme des succès les combinaisons cochées. Le seuil perceptif vrai ressemblera cependant plus à la courbe et à la répartition des succès et échecs représentées sur la Figure 6. L'on peut constater que plusieurs faux positifs et faux négatifs peuvent être évités par l'emploi d'un modèle permettant une application plus efficace des investissements consacrés aux réparations ou améliorations du réseau.

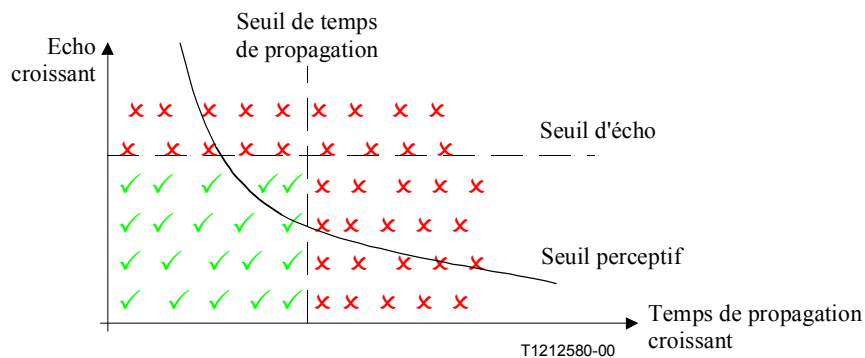


Figure 5/P.562 – Utilisation de mesures individuelles pour la fixation des seuils

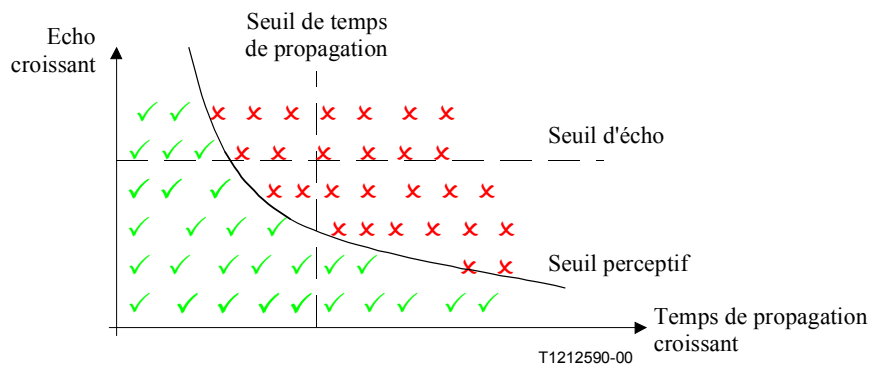


Figure 6/P.562 – Utilisation d'un modèle pour la fixation des seuils

6.2 Hypothèses

La Figure 7 décrit le lieu du dispositif INMD à un point de surveillance sans intrusion sur 4 fils. Les dispositifs INMD mesurent le niveau vocal (SL, *speech level*), le niveau de bruit (NL, *noise level*), l'affaiblissement d'écho (EL, *echo loss*) et le retard d'extrémité (EPD, *echo path delay*) dans les deux sens d'une connexion. Ces paramètres peuvent être utilisés pour calculer l'incidence de

l'affaiblissement, du bruit et de l'écho sur l'opinion des clients. Bien que les dispositifs INMD ne relèvent pas de mesures de qualité de bout en bout, il convient de noter que leur utilisation dans un modèle d'opinion de clients nécessite l'estimation de certains paramètres qui ne peuvent pas être calculés à partir des mesures par INMD. Dans le cas particulier de la Figure 7, la mesure du niveau vocal distant (SL_f) peut servir à calculer la combinaison de l'ESE distant (SLRF) et de l'affaiblissement d'émission dans le sens distant à proche (TF), à condition qu'une hypothèse soit formulée au sujet du niveau vocal distant. Cependant, l'ESR proche (RLRN) et l'affaiblissement de réception dans le sens distant à proche (RN) ne peuvent pas être calculés à partir des mesures relevées par les dispositifs INMD parce que ces paramètres ont une incidence sur la qualité de la connexion après le point de mesure par dispositif INMD. Ces paramètres doivent être estimés par l'utilisateur et sont normalement choisis de façon à représenter une valeur moyenne ou une loi de valeurs pour le réseau soumis à l'évaluation.

Le modèle a été conçu de façon à réduire autant que possible l'influence des hypothèses retenues, cela principalement en permettant une entrée directe des mesures de niveau vocal (SL) et de niveau de bruit (NL) dans son modèle central d'affaiblissement/de bruit. L'effet premier sur la netteté des logatomes des signaux vocaux à masquage de bruit est indépendant d'éventuelles hypothèses sur le niveau vocal à l'émission ou sur l'affaiblissement absolu à l'émission dans le modèle (bien qu'une allure moyenne des fréquences soit admise).

Les effets subjectifs, qui impliquent la connaissance de la sonie absolue (comme la sonie pour l'écho) exigent cependant encore des hypothèses pour leur modélisation correcte. Ces hypothèses doivent être choisies de façon à représenter les conditions typiques ou moyennes du réseau.

Le niveau SL dépend du niveau d'affaiblissement à l'émission (SLR+T) et du niveau vocal à l'émission (VL, *vocal level*). Ces deux niveaux auront une moyenne statistique et une loi de répartition autour de cette moyenne. Le niveau SL mesuré différera donc, le plus souvent, du niveau moyen SL calculé. La différence de niveau pourra être due à l'une des deux raisons suivantes:

- a) le locuteur parle à un niveau différent de ce qui est prévu;
- b) l'affaiblissement du réseau (SLR+T) a une valeur différente de ce qui est prévu.

Le modèle en tiendra compte lors de l'estimation de l'affaiblissement dû au réseau.

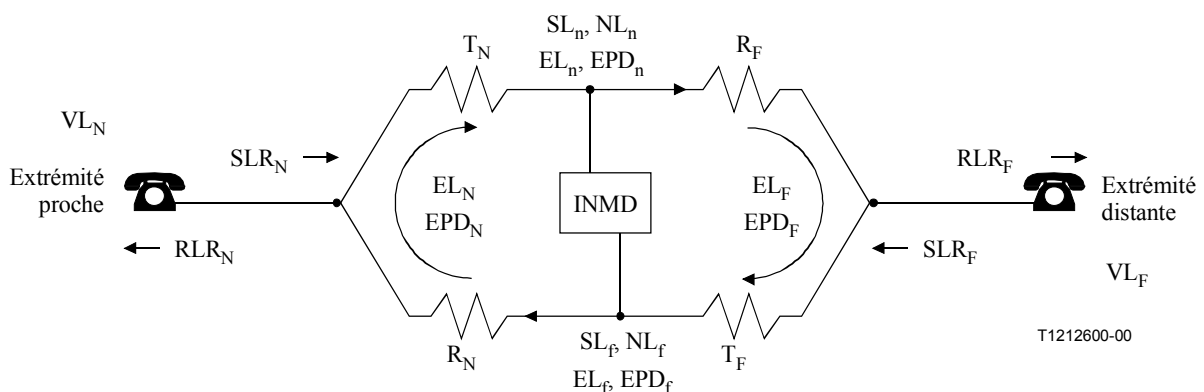


Figure 7/P.562 – Schéma du réseau

L'Annexe A – Description du modèle d'indice de netteté des logatomes, décrit le modèle ainsi que l'ensemble complet des hypothèses retenues par le modèle.

Certaines des hypothèses peuvent être propres au réseau et au pays. La présente Recommandation UIT-T inclut un ensemble de valeurs suggérées pour les hypothèses, fondées sur les données de différents pays européens. En l'absence d'un ensemble de données complet pour chaque pays ou

chaque région, il est recommandé d'utiliser l'ensemble normal d'hypothèses contenu dans la présente Recommandation UIT-T. Cela permettra une comparaison précise des prédictions d'opinion moyenne entre les résultats relevés sur la même route à différents moments. Mais il faudra prendre des précautions lors de la comparaison de différentes routes. Normalement, si un pays présente des affaiblissements moyens différents des valeurs contenues dans l'ensemble normal d'hypothèses, sa note d'opinion moyenne prédite sera décalée par rapport à un autre pays dont les hypothèses sont plus proches de l'ensemble normal. Toutefois, la répartition des notes d'opinion prédites autour de cette moyenne révélera encore des informations très précieuses.

6.3 Modèle

Le modèle d'indice de netteté des logatomes (CCI) (également appelé qualité de transmission vocale) prédit la clarté de la communication à partir de paramètres de mesure par dispositif INMD, communication par communication. Le présent sous-paragraphe décrit les blocs fonctionnels, représentés sur la Figure 8, qui forment l'indice CCI.

Le fonctionnement global de l'indice CCI consiste à utiliser les paramètres de mesure sans intrusion dans le cadre d'hypothèses sur le réseau et sur les utilisateurs de chaque extrémité, afin de prédire les signaux arrivant à l'oreille de chaque utilisateur. Ces signaux prédits, assortis de la connaissance du système auditif humain, sont alors transformés en prédictions d'opinion sur la qualité conversationnelle à l'écoute et à l'élocution, telle que perçue par chaque utilisateur de la communication.

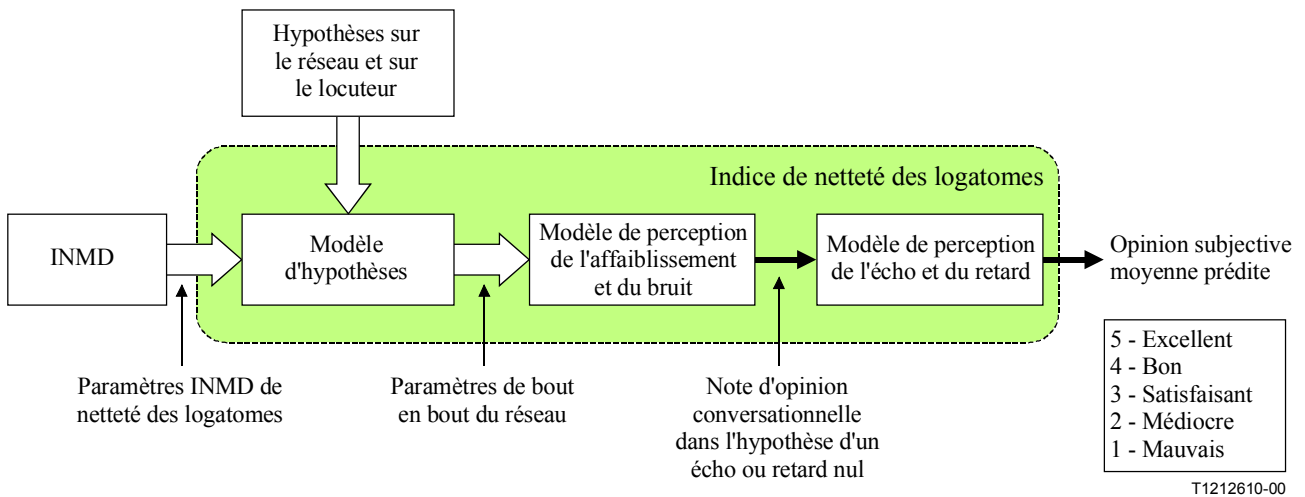


Figure 8/P.562 – Blocs fonctionnels formant l'indice CCI

6.3.1 Hypothèses sur le réseau et sur le locuteur

Pour que le modèle puisse prédire la netteté des logatomes lors d'une communication téléphonique, telle que perçue par les clients à chaque extrémité, il faut introduire dans le modèle les informations suivantes, qui ne sont pas fournies par les mesures INMD:

- 1) la courbe d'efficacité en fréquence globale de chaque trajet de transmission (de la bouche du locuteur au dispositif INMD et de celui-ci à l'oreille de l'auditeur);
- 2) la courbe d'efficacité en fréquence de chaque trajet d'effet local (de la bouche de chaque locuteur à sa propre oreille);
- 3) les spectres et les niveaux de bruit de salle à chaque extrémité de la connexion;
- 4) le spectre vocal moyen et le seuil auditif.

6.3.2 Modèle d'hypothèses

Le modèle d'hypothèses rassemble les paramètres INMD de netteté des logatomes avec les hypothèses relatives au réseau et au locuteur afin de produire une description complète du réseau de bout en bout. C'est à partir de cette description que l'on peut calculer le niveau du signal perçu à l'oreille de chaque auditeur. Le mesurage du niveau vocal et du niveau de bruit au centre du réseau signifie que seul le trajet allant du dispositif INMD à l'oreille de l'auditeur doit être complètement pris en charge. Cela réduit la grandeur de l'incertitude dans les prédictions du modèle.

6.3.3 Modèle de perception de l'affaiblissement et du bruit

Le modèle de perception de l'affaiblissement et du bruit tient compte de la sélectivité en fréquence de l'oreille humaine et des effets de masquage par le bruit dans la connexion. L'effet local et le bruit de salle sont également pris en compte dans la prédiction de l'effort à l'écoute et de qualité de conversation vocale.

L'on calcule d'abord l'indice d'opinion à l'écoute (LOI, *listening opinion index*) pour chaque auditeur. Cet indice tient compte des effets d'affaiblissement entre le locuteur et l'auditeur ainsi que du masquage de la parole par le bruit. L'indice d'opinion à l'écoute est ensuite transformé en note d'effort d'écoute et finalement en prédiction de la qualité de conversation vocale.

6.3.4 Modèle de perception de l'écho et du retard

Le modèle de perception de l'écho et du retard modifie la prédiction de qualité de conversation vocale afin de tenir compte du retard ou de l'écho présent dans la connexion. Les effets d'écho et de retard sont pris en compte en termes de puissance de l'écho atteignant l'oreille de l'auditeur en combinaison avec le retard, le niveau d'effet local et l'affaiblissement global de la connexion.

6.3.5 Sortie du modèle

Les signaux de sortie de l'indice CCI sont des prédictions de la qualité de conversation vocale pour un utilisateur moyen à chaque extrémité de la connexion. Ces prédictions sont exprimées de 1 à 5 sur une échelle continue, indiquée dans le Tableau 7 ci-dessous et fondée sur l'échelle UIT-T de qualité de conversation vocale selon la Recommandation UIT-T P.800 [6].

Tableau 7/P.562 – Echelle de qualité vocale

5	Excellent
4	Bon
3	Satisfaisant
2	Médiocre
1	Mauvais

6.4 Prédictions

Le présent sous-paragraphe donne des instructions sur la manière d'interpréter des notes uniques ou multiples de qualité prédite par indice CCI. L'indice CCI produit deux notes, une pour chaque extrémité de la connexion. Ces notes doivent être combinées séparément et faire l'objet de comptes rendus distincts.

6.4.1 Valeurs uniques d'indice de netteté des logatomes

La sortie de l'indice CCI représente l'opinion subjective moyenne d'un client moyen à l'une des deux extrémités de la connexion. Cette prédiction est fondée sur les hypothèses formulées au sujet du réseau et des utilisateurs de chaque extrémité. Si les conditions réelles du réseau et du locuteur s'écartent beaucoup de ces hypothèses, la précision de la note prédite sera compromise.

Une valeur unique de l'indice CCI peut être considérée comme un indicateur d'une communication de qualité médiocre mais ne doit pas être utilisée comme mesure proprement dite de la qualité du réseau.

6.4.2 Valeurs multiples d'indice de netteté des logatomes

La combinaison de nombreuses valeurs d'indice CCI offre des avantages dus à l'intégration statistique. Les comparaisons effectuées entre différents pays doivent cependant être traitées avec prudence car la pertinence des hypothèses formulées peut varier d'un pays à l'autre. Les tendances constatées dans chaque pays au cours d'un intervalle de temps sont un indicateur plus utile de la qualité du réseau.

Les valeurs multiples doivent être combinées au moyen des méthodes décrites ci-dessous.

6.4.2.1 Moyennes

Un effectif d'échantillon suffisant pour donner des résultats statistiquement significatifs doit être utilisé. On trouvera de plus amples renseignements au 4.3 – Effectif d'échantillon. L'échantillon de valeurs d'indice CCI issu d'un groupage particulier (voir Tableau 2) est prélevé afin de calculer sa moyenne statistique et de son écart type. Il convient d'indiquer les données suivantes:

- hypothèses d'indice CCI retenues;
- groupage utilisé;
- date et heure de la collecte de valeurs d'indice CCI;
- effectif d'échantillon;
- moyenne et écart type de l'échantillon à chaque extrémité de la connexion.

La valeur moyenne montre les modifications intervenues dans les tendances globales mais ne révèle pas un petit nombre de communications très médiocres. Une certaine application de la loi de répartition est donc utile.

6.4.2.2 Loi de répartition

Il convient d'utiliser un effectif d'échantillon donnant des résultats statistiquement significatifs. On trouvera de plus amples renseignements au 4.3 – Effectif d'échantillon. L'échantillon de valeurs d'indice CCI issu d'un groupage particulier (voir Tableau 2) est prélevé afin de calculer le pourcentage de valeurs CCI supérieures à des seuils préétablis. Le Tableau 8 énumère les valeurs de seuil dont l'utilisation est recommandée.

Tableau 8/P.562 – Seuils recommandés d'indice CCI

Type de seuil	Valeur
Seuil supérieur	3,5
Seuil inférieur	2,5

Il convient d'indiquer les données suivantes:

- hypothèses d'indice CCI retenues;
- groupage utilisé;
- date et heure de la collecte de valeurs d'indice CCI;
- effectif d'échantillon;
- seuils utilisés;
- pourcentage de valeurs CCI supérieures ou inférieures à chaque seuil pour chaque extrémité de la connexion.

Noter que des irrégularités temporaires, éventuellement dues à des dérangements du réseau, deviennent de moins en moins distinctes au fur et à mesure que la période de collecte des données augmente. Cet inconvénient est contrebalancé par la nécessité de recueillir suffisamment de mesures.

L'indication du pourcentage de communications dont les valeurs d'indice CCI sont supérieures ou inférieures à certains seuils donne plus d'informations sur la répartition de la qualité de ces communications et peut révéler la présence d'un petit nombre de communications médiocres.

6.5 Diagnostics faisant appel à un modèle d'opinion

En plus de l'indication du fait que la qualité d'une connexion est médiocre, il est souhaitable de connaître la cause de cette diminution de qualité. Un modèle d'opinion peut jouer le rôle d'une plate-forme de diagnostic de dérangement car il combine toutes les informations relatives à une communication.

Toute opération de diagnostic doit indiquer (pour chaque communication) la probabilité que la qualité médiocre soit due à chacun des facteurs suivants:

- niveau du signal;
- niveau total de bruit, qui peut éventuellement être subdivisé en:
 - niveau de bruit de circuit;
 - niveau de bruit de salle;
- niveau d'écho;
- temps de propagation (retard);
- saturation en amplitude;
- mutilation temporelle;
- codage non linéaire.

La source du problème doit également être indiquée comme suit:

- extrémité proche (par exemple réseau national);
- extrémité distante (par exemple réseau international).

Chaque fois que possible, il y a lieu d'indiquer cette source selon l'une des sous-catégories suivantes:

- réseau d'accès;
- annuleur d'écho;
- commande automatique de niveau;
- équipement DCME;
- compensation du bruit;
- autre source.

La probabilité doit être indiquée de zéro à un, la valeur zéro indiquant qu'il n'y a aucune possibilité que le facteur considéré soit la cause de la qualité médiocre et la valeur 1 indiquant que le facteur considéré est certainement la cause de la qualité médiocre. Une valeur de -1 doit indiquer qu'il n'y a aucun moyen de savoir si le facteur est ou non la cause de la qualité médiocre.

7 Utilisation de mesures INMD pour la planification du réseau

Le présent paragraphe décrit une méthode d'utilisation des mesures INMD dans le modèle E [2], qui est le modèle recommandé par l'UIT-T pour la planification des réseaux. L'Annexe B contient des équations permettant d'appliquer les paramètres INMD sur certains des paramètres utilisés par le modèle E. Les mesures INMD de niveau vocal, de bruit, d'affaiblissement d'écho et de retard

d'extrémité sont en particulier appliquées sur les paramètres d'équivalent SLR, de bruit, d'équivalent TELR et de retard d'extrémité utilisés dans le modèle E. Pour obtenir des évaluations relatives à la qualité des connexions en termes d'affaiblissement de bout en bout, de bruit et d'écho, il faut cependant estimer l'équivalent RLR et l'affaiblissement de réception sur la base de moyennes constatées dans le réseau car ces paramètres ne sont pas inclus dans les mesures INMD.

Des analyses d'évaluations obtenues au moyen de ce mappage ont montré que ces mesures décrivaient précisément la qualité des connexions. Lorsque l'on calcule la moyenne d'évaluations issues de multiples mesures INMD sur un réseau, ces moyennes peuvent servir à évaluer précisément la qualité de ce réseau, ce qui offre aux planificateurs de réseau un outil précieux afin de déterminer comment la qualité sera affectée par l'affaiblissement, le bruit, l'écho ou le retard dans leur réseau.

Les Recommandations UIT-T G.108 et G.109 [7] et [8] donnent des instructions sur l'utilisation d'évaluations subjectives pour effectuer la planification d'un réseau sur la base du modèle E. Les instructions fournies par les Recommandations UIT-T G.108 et G.109 peuvent servir à évaluer l'acceptabilité de la qualité d'un réseau ou d'une route ainsi qu'à planifier des modifications à apporter à un réseau.

Etant donné que le modèle E peut aussi inclure en termes additifs l'influence d'autres dégradations non mesurées qualitativement par le dispositif INMD, le mappage décrit dans l'Annexe B peut servir à évaluer dans quelle mesure l'introduction de nouvelles techniques dans un réseau aura une incidence sur sa qualité. Ce procédé peut servir à déterminer dans quelle mesure la qualité sera influencée par l'introduction de limiteurs d'écho, de codecs à bas débit, de systèmes de multiplication de circuit numérique (DCME) ou d'autres équipements.

8 Utilisation des mesures INMD pour la maintenance des réseaux

Le présent paragraphe comporte deux paragraphes qui décrivent des techniques de détermination de l'opportunité de procéder à la maintenance d'un réseau. Le premier paragraphe examine comment les instructions figurant dans certaines Recommandations de la série G peuvent être utilisées pour fournir des objectifs d'évaluation de qualité du réseau et pour déterminer à quel moment une maintenance est requise. Le deuxième paragraphe décrit des techniques d'utilisation des mesures INMD pour fixer des seuils pouvant servir à des activités de direction de maintenance.

8.1 Objectifs fournis par des Recommandations de la série G

Un certain nombre de Recommandations de la série G contiennent des objectifs pour évaluer la qualité d'un réseau. Les Recommandations UIT-T G.113, G.114, G.120, G.121, G.122 et G.131 ([9] à [13] et [4]) comprennent en particulier des objectifs pouvant être utilisés avec les mesures obtenues par dispositifs INMD. Comme indiqué dans le sous-paragraphe précédent, les Recommandations UIT-T G.108 et G.109 [7] et [8] fournissent également des objectifs d'utilisation d'évaluations subjectives issues du modèle E pour évaluer la qualité.

Le présent sous-paragraphe examine comment ces objectifs peuvent être utilisés avec des mesures INMD pour déterminer si la qualité est acceptable. Bien que les objectifs indiqués dans les Recommandations citées dans le présent paragraphe donnent des indications générales pour la planification et l'évaluation de la qualité, les fournisseurs de réseau pourront préférer déterminer, sur la base de leur expérience, leurs propres objectifs en matière de niveaux de qualité acceptable.

8.1.1 Objectifs en termes de mesures de niveau vocal

La Recommandation UIT-T G.121 fournit des objectifs pour les équivalents SLR des réseaux nationaux. Elle indique que l'objectif à long terme pour le SLR est de 7 à 9 dB mais que certains réseaux, qui ne peuvent pas atteindre cet objectif, pourront utiliser à court terme un objectif de 7 à 15 dB. La même Recommandation UIT-T fournit également des objectifs pour les équivalents SLR minimaux (+2 dB¹) et maximaux (17 dB) dans les réseaux nationaux.

Les niveaux vocaux mesurés par dispositifs INMD peuvent être convertis en équivalents SLR au moyen des mappages indiqués dans l'Annexe B. Le calcul de la moyenne d'un certain nombre d'équivalents SLR déterminés au moyen des techniques décrites dans le paragraphe précédent donnera une estimation précise du SLR d'une route particulière ou d'un réseau particulier. Cette estimation pourra être comparée aux objectifs indiqués dans la Recommandation UIT-T G.121 afin de déterminer si le SLR est acceptable.

8.1.2 Objectifs en termes de mesures de bruit

La Recommandation UIT-T G.120 fournit respectivement des objectifs de bruit de circuit dans les réseaux nationaux et dans les circuits internationaux. La présente Recommandation UIT-T fournit des objectifs fondés sur le type des circuits contenus dans une connexion (analogique ou numérique) et sur la longueur de ces circuits. Les mesures de bruit par dispositif INMD sur une route ou sur un réseau peuvent être réduites à des moyennes et comparées à ces objectifs afin de déterminer si la qualité en terme de bruit est acceptable.

Les objectifs indiqués dans la Recommandation G.120 dépendent principalement des circuits analogiques, qui apportent plus de bruit que les circuits numériques. Le bruit dans une voie au repos d'une connexion uniquement composée de liaisons numériques devrait être très bas. En termes de perception par le client, un niveau de bruit de -62 dBm_{0p} est considéré comme audible mais non rédhibitoire. Dans un réseau ou une route entièrement numérique, la fixation initiale d'un seuil de -62 dBm_{0p} assurera une qualité acceptable. Ce seuil pourra être adapté sur la base de l'expérience des utilisateurs avec les mesures INMD de bruit sur le réseau ou sur la route.

Il convient toutefois de noter que le mesurage par dispositif INMD du bruit dans une voie au repos est compliqué pour deux raisons. Les dispositifs INMD mesurent en fait une combinaison de bruit de voie au repos, de bruit de salle pouvant être émis par l'extrémité distante et de remplissage de bruit par l'équipement DCME si des compresseurs sont présents.

Le bruit de salle peut être ou ne pas être transmis sur le réseau, selon son niveau de sonie. S'il est très faible, il peut être filtré par des dispositifs du réseau comme le détecteur de signaux vocaux dans un équipement DCME. Les bruits ambiants de niveau élevé seront toutefois transmis. Une méthode permettant d'estimer l'influence du bruit de salle consistera à analyser les mesures circuit par circuit et à examiner la partie de la répartition du bruit supérieure à la moyenne. Si les mesures de bruit sur un circuit sont généralement bien représentées par la loi de répartition, il existe un petit nombre de points aberrants pouvant avoir été produits par un bruit de salle élevé.

Par ailleurs, les équipements DCME introduisent souvent un bruit de confort si la concentration des conversations est active. Dans ce cas, le dispositif INMD mesure souvent la puissance du remplissage de bruit par l'équipement DCME et non le bruit de voie au repos proprement dit.

Les points ci-dessus compliquent la fixation de seuils de bruit. Ceux-ci doivent être fixés de façon à être supérieurs au niveau de remplissage de bruit. Ils ne doivent cependant pas être fixés à une valeur trop élevée, qui ferait échapper à la détection des circuits naturellement bruités. Ces considérations indiquent que les utilisateurs auront besoin de fonder les seuils de détermination de l'acceptabilité des niveaux de bruit sur leur expérience des mesures de bruit par INMD sur la route ou le réseau analysé.

¹ Cet objectif est encore à l'étude.

8.1.3 Objectifs en termes de mesures de puissance d'écho

La Recommandation UIT-T G.122 fournit des objectifs pour l'affaiblissement d'écho (EL) dans les réseaux nationaux. Actuellement, aucun objectif n'est fourni pour les mesures d'affaiblissement EPL ou SEPL. Les objectifs d'affaiblissement d'écho fournis dans la Recommandation UIT-T G.122 pourront cependant être utilisés à titre de guide initial pour ces mesures. Les utilisateurs pourront ensuite définir des objectifs fondés sur leur expérience des mesures d'affaiblissement EPL et SEPL. Comme les affaiblissements EL et EPL ne sont pas affectés par les variations du niveau vocal, du SLR et du bruit de fond, des mesures individuelles peuvent être utilisées afin de détecter les problèmes de qualité. Les mesures d'affaiblissement SEPL sont cependant affectées par des variables qui échappent au contrôle des fournisseurs de réseau et doivent être réduites en moyennes, comme les mesures de niveau vocal et de bruit, afin de limiter l'influence de ces variables.

Pour les circuits sans limiteurs d'écho, la Recommandation UIT-T G.122 fournit des objectifs qui varient selon le nombre de circuits analogiques ou mixtes analogiques-numériques à 4 fils de la connexion mesurée. Dans de nombreux réseaux modernes, il n'existe pas de circuits de ce type. Dans ce cas, la Recommandation UIT-T G.122 indique que l'affaiblissement d'écho moyen qui est mesuré ne doit pas être inférieur à 15 dB et que l'écart type des mesures EL ne doit pas dépasser 3 dB. Les utilisateurs de dispositifs INMD peuvent également souhaiter fixer un seuil minimal d'affaiblissement d'écho acceptable applicable à toute mesure relevée sur une route. Ce seuil pourra être initialement fondé sur la répartition prévue des affaiblissements d'écho, sur l'affaiblissement configuré dans la connexion mise à l'essai et sur la marge de sensibilité des annuleurs d'écho à la parole simultanée qui pourront être utilisés dans la connexion.

Pour les connexions présentant des temps de propagation aller-retour importants (supérieurs à 100 ms), différents objectifs d'affaiblissement d'écho seront requis. La Recommandation UIT-T G.131 indique des équivalents pour la sonie de l'écho pour le locuteur (TELR, *talker echo loudness rating*) en fonction du temps de transmission. L'équivalent TELR peut être calculé comme la somme de du SLR, du RLR et de l'EL, de sorte que si les valeurs nominales des équivalents SLR et RLR sont censées être respectivement de 7 dB et de 3 dB, l'affaiblissement d'écho pourra être calculé comme étant l'équivalent TELR – 10 dB. Pour les connexions présentant des temps de propagation aller-retour compris entre 100 et 200 ms, l'équivalent TELR est compris entre 40 et 47 dB, ce qui donne un affaiblissement d'écho minimal compris entre 30 et 37 dB (en supposant des valeurs respectives du SLR et du RLR de 7 dB et de 3 dB). De telles connexions devront posséder une limitation d'écho active. Il peut être avantageux de fixer un seuil uniforme, indépendamment du retard d'extrémité de telles connexions. Comme la Recommandation UIT-T G.131 indique également que les connexions dont le temps de propagation aller-retour dépasse 50 ms doivent avoir des limiteurs d'écho actifs, un objectif initial raisonnable sera d'avoir des affaiblissements d'écho supérieurs à 35 dB sur toute connexion dont le retard d'extrémité dépasse 50 ms.

8.1.4 Objectifs en termes de retard d'extrémité

La Recommandation UIT-T G.114 fournit des objectifs pour le temps de propagation absolu et la Recommandation UIT-T G.131 fournit des directives sur les niveaux de retard EPD auxquels une limitation d'écho doit être activée. La Recommandation UIT-T G.114 indique que les temps de propagation dans les deux sens inférieurs à 300 ms sont acceptables pour la plupart des applications, que les temps compris entre 300 et 800 ms sont acceptables mais dégradent la qualité; que les temps supérieurs à 800 ms sont inacceptables. Les utilisateurs pourront mettre au point des objectifs de temps de propagation aller-retour sur la base de ces objectifs et de leur connaissance des ressources utilisées dans la connexion soumise à l'essai.

La Recommandation UIT-T G.131 indique que les connexions dont le temps de propagation aller-retour est inférieur à 50 ms peuvent ne pas nécessiter de limitation d'écho active. Il peut cependant être avantageux d'envisager l'implémentation d'une limitation d'écho lorsque le retard dans les deux sens dépasse 40 ms. La justification de cette approche plus prudente est que les clients semblent commencer à remarquer l'écho à 40 ms et à s'en plaindre.²

8.2 Techniques de fixation de seuil additionnelles, utilisées pour la direction de maintenance

En plus de l'utilisation de seuils pour évaluer la qualité de mesures individuelles ou la moyenne d'un certain nombre de mesures, il est utile de mettre au point des seuils fondés sur la répartition d'une série de mesures. La mise en évidence des moins bonnes mesures relevées sur une route ou sur un réseau permet de détecter des problèmes de qualité. Un modèle de direction d'actions de maintenance, fondé sur ce concept, est le modèle d'action corrective de préférence.

Le modèle d'action corrective de préférence peut être utilisé avant de connaître la qualité de référence d'une route ou d'un réseau. Ce modèle ordonne des sous-faisceaux de circuits (TSG, *trunk subgroup*) d'après le pourcentage de mesures dépassant un certain seuil dans chaque sous-faisceau mesuré. Il permet par exemple de qualifier d'élevé, moyen ou bas chaque paramètre des sous-faisceaux TSG d'une route particulière. Dans ce cas, si l'affaiblissement d'écho est évalué sur une connexion longue comportant un limiteur d'écho actif, le qualificatif élevé indiquerait que 90% des communications passant par la route surveillée par les dispositifs INMD ont présenté un écho mesurable. Le qualificatif moyen indiquerait qu'entre 30% et 89% des communications ont présenté un écho mesurable et le qualificatif bas indiquerait que moins de 30% des communications ont présenté des échos mesurables.

Lorsqu'un nombre approprié de communications ont été surveillées sur la route, les sous-faisceaux TSG rangés dans la catégorie élevés seront répertoriés pour complément d'analyse et maintenance éventuelle. Si un nombre nul ou très petit de sous-faisceaux se trouvaient dans la catégorie élevé, le seuil de classification dans cette catégorie pourra être réduit afin de faire en sorte qu'un nombre suffisant de sous-faisceaux TSG soit repérés pour complément d'analyse. Au fil du temps, ce seuil pourra être encore réduit au fur et à mesure de la solution des problèmes, jusqu'au point où la qualité aura atteint un niveau tel qu'une maintenance ne soit pas requise.

Des techniques similaires de fixation de seuil peuvent être utilisées pour les mesures de niveau vocal, de bruit et de retard d'extrémité.

Un deuxième modèle de direction d'activité de maintenance est le modèle d'exceptions à la qualité de référence. Lorsqu'un programme de mesures par dispositifs INMD arrive à maturité, une importante base de données se trouve construite et la qualité de référence des routes/réseaux devient connue. Un modèle d'exceptions peut alors être utilisé pour diriger des actions de maintenance, de deux façons: soit par des exceptions sur des routes ou réseaux similaires, soit par des exceptions chronologiques sur une route ou sur un réseau.

Les exceptions sur des routes ou réseaux similaires répondent à la question de savoir si la route qui est en cours de surveillance est notablement différente d'autres routes similaires. Des tests d'hypothèse, comme ceux qui sont décrits dans l'Appendice II, pourront être utilisés afin de comparer deux routes ou réseaux. Sinon, les utilisateurs pourront fixer un seuil représentant une différence significative, fondée sur l'expérience. L'on pourrait utiliser comme seuil initial les différences supérieures à un écart type. Les routes dont l'écart serait significatif dans le sens défavorable serait répertoriées pour analyse complémentaire et maintenance éventuelle.

² *Evaluation de la perception de l'écho par les clients à partir de mesures INMD*, France Télécom, QSDG 14/97-21.

Les exceptions chronologiques correspondent aux cas où une route ou un réseau présente durablement une dégradation significative. Le même processus de test d'hypothèse ou de fixation de seuil, décrit ci-dessus, peut servir à déterminer le moment où une dégradation significative s'est produite et où il convient de soumettre une route ou un réseau à une analyse complémentaire ou à une maintenance éventuelle.

ANNEXE A

Description du modèle d'indice de netteté des logatomes

A.1 Introduction

Le modèle d'indice de netteté des logatomes appartient en © (droits d'auteur) à la société *British Telecommunications plc*, 1998 (voir la Base de données de l'UIT-T sur les Déclarations de brevet).

L'indice de netteté des logatomes sera décrit par ses équations et hypothèses. Celles-ci se rapportent à différentes extrémités du réseau et à différents sens de transmission. Il est donc nécessaire de définir des conventions de nommage pour chaque grandeur. Chaque grandeur associée à une extrémité ou à un sens est définie en tant que telle par adjonction d'un indice supérieur A ou B, indiquant l'extrémité A ou B. Les grandeurs relatives aux sens de transmission sont décrites par leur extrémité d'origine. Par exemple, l'équivalent OLR de l'extrémité A à l'extrémité B sera désigné par OLR^A . Cette notation par A ou B peut être convertie en notation par extrémité proche/distante en remplaçant A par N (extrémité proche) et B par F (extrémité distante). La Figure A.1 montre comment les principales grandeurs utilisées sont nommées. Ces grandeurs seront expliquées dans le texte de la présente annexe.

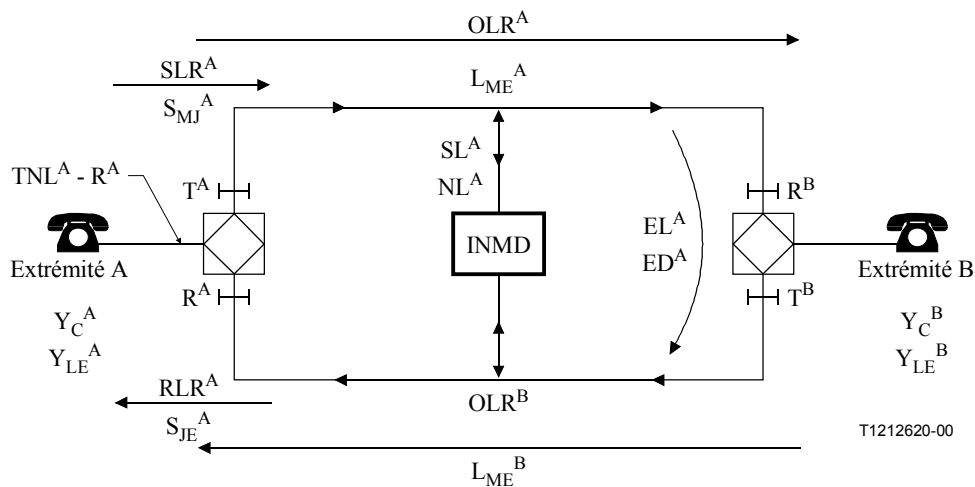


Figure A.1/P.562 – Conventions de nommage pour grandeurs directionnelles utilisées dans l'indice CCI

Les grandeurs d'entrée dans le modèle à partir des dispositifs INMD sont les suivantes:

Nom	Description	Unités
SL ^A	Niveau de conversation active mesuré par dispositif INMD dans le sens A → B	dBm0
SL ^B	Niveau de conversation active mesuré par dispositif INMD dans le sens B → A	dBm0
NL ^A	Niveau de bruit psophométrique mesuré par dispositif INMD dans le sens A → B	dBm0p
NL ^B	Niveau de bruit psophométrique mesuré par dispositif INMD dans le sens B → A	dBm0p
EL ^A	Affaiblissement pour le trajet d'écho mesuré par dispositif INMD dans le sens A → B → A	dB
EL ^B	Affaiblissement pour le trajet d'écho mesuré par dispositif INMD dans le sens B → A → B	dB
ED ^A	Retard d'extrémité mesuré par dispositif INMD dans le sens A → B → A	ms
ED ^B	Retard d'extrémité mesuré par dispositif INMD dans le sens B → A → B	ms

Les grandeurs de sortie du modèle sont les suivantes:

Nom	Description	Unités
Y _C ^A	Qualité de conversation vocale telle que perçue depuis l'extrémité A	échelle de 1 à 5 [mauvaise, médiocre, satisfaisante, bonne excellente]
Y _C ^B	Qualité de conversation vocale telle que perçue depuis l'extrémité B	

Le modèle utilise le plus souvent des données qui dépendent de la fréquence. Ces données sont décrites en termes de bandes de fréquence ISO, indiquées dans le Tableau A.1. Pour les calculs en bande étroite, les bandes 4 à 17 sont utilisées, tandis que pour les calculs en bande large, toutes les bandes (de 1 à 20) sont utilisées. La plupart des calculs effectués dans le modèle sont en bande étroite mais certains paramètres, comme le STMR, doivent être en bande large.

Tableau A.1/P.562 – Bandes de fréquences définies par l'ISO

Bande	Fréquence centrale (Hz)
(1)	(2)
1	100
2	125
3	160
4	200
5	250
6	315
7	400
8	500
9	630
10	800
11	1000
12	1250
13	1600
14	2000
15	2500
16	3150
17	4000
18	5000
19	6300
20	8000

Toutes les équations représentées sont définies de façon à prédire l'opinion du client à l'extrémité B de la connexion. Pour modifier l'orientation et prédire l'opinion du client à l'extrémité A, toutes les références à l'extrémité A doivent être remplacées par B (et réciproquement).

Les hypothèses formulées par le modèle d'indice CCI sont représentées ici sous la forme d'une communication de référence, dont les éléments constitutants sont les suivants (Tableau A.2):

Tableau A.2/P.562

Description	Grandeur
Densité spectrale moyenne des signaux vocaux du locuteur	β'_S
SLR moyen du réseau	SLR_{REF}
Sensibilité moyenne bouche-jonction au réseau pour SLR=0 dB	$S_{MJ REF}$
RLR moyen du réseau	RLR_{REF}
Sensibilité moyenne bouche-jonction au réseau pour RLR=0 dB	$S_{JE REF}$
Seuil moyen d'audibilité de l'auditeur	β_0
STMR moyen	STMR
Affaiblissement moyen d'effet latéral bouche-oreille (selon la fréquence)	L_{MEST}
Sensibilité excessive moyenne du microphone de combiné au bruit de salle	Δ_{SM}
Densité spectrale moyenne et niveau moyen du bruit de salle	RNS, RN
Densité spectrale moyenne du bruit de circuit	CNS

A.2 Equations du modèle

La sortie du modèle est une prédiction de l'opinion d'utilisateur, Y_c , pour chaque extrémité de la connexion. Les équations reproduites dans la présente annexe montrent la façon de calculer l'opinion du client prédite pour l'extrémité B, Y_c^B .

$$Y_C^B = 1 + (E^B \cdot Y_{C_{pre-echo}}^B) \quad (A-1)$$

Où:

E^B est un multiplicateur de type "écho & retard", de valeur comprise entre 0 et 1, qui permet de modifier la note d'opinion avant écho pour tenir compte des dégradations dues à l'écho et au retard.

$Y_{C_{pre-echo}}$ est la note d'opinion calculée avant écho, exprimée sur une échelle de 0 à 4, qui tient compte des effets de bruit et d'affaiblissement.

L'addition de 1 convertit Y_C^B en une échelle de 1 à 5. Toutes les valeurs intermédiaires des notes d'opinion sont fondées sur une échelle de 0 à 4 pour faciliter les calculs.

A.2.1 Multiplicateur d'écho et retard, E

Le modèle de perception de l'écho et du retard modifie la note d'opinion donnée par ce modèle afin de tenir compte des effets de ces grandeurs sur la qualité de la communication.

Les effets de l'écho et du retard sur l'opinion perçue sont incorporés au moyen d'une valeur multiplicatrice comprise entre 0 et 1. Ce multiplicateur est fondé sur des prédictions de notes d'opinion relatives à des connexions normales subissant un retard variable. La valeur multiplicatrice indiquée dans l'équation (A-2) est le rapport de la note prédite dans les conditions spécifiées d'écho et de retard (y_{MOPT}^B) à la note prédite au retard zéro (y_0).

$$E^B = \frac{y_{MOPT}^B}{Y_0^B} \quad (A-2)$$

$$MOPT = \frac{ED^A + ED^B + LD^A + LD_B}{2} \quad (A-3)$$

Où:

LD^A, LD^B sont les valeurs de retard local prises en hypothèse à chaque extrémité de la connexion (ms).

$MOPT$ est le temps moyen de propagation dans un seul sens (ms), qui est indépendant de l'extrémité.

ED^A, ED^B sont les grandeurs de retard d'extrémité INMD introduites dans le modèle (ms).

Les prédictions de note d'opinion, y_x , utilisent les formules empiriques décrites dans l'équation (A-4). On calcule d'abord la note y_0 en posant $x = 0$, puis l'on calcule y_{MOPT} en posant $x = MOPT$.

$$\ln\left(\frac{y_x^B}{4 - y_x^B}\right) = a \quad (A-4)$$

$$+ b \times OLR_{EST}^B$$

$$+ c \times STMR^B$$

$$= d \times OLR_{EST}^B \times STMR^B$$

$$+ e \times \left(10^{\frac{-OELR^B}{10}} + 10^{\frac{-TCL - OLR_{EST}^A - OLR_{EST}^B}{10}} \right)^i \times (1+x)^j$$

$$+ f \times \left(10^{\frac{-STMR^B}{10}} \right)^i \times (1+x)^j$$

$$+ g \times \left(10^{\frac{-OELR^B}{10}} + 10^{\frac{-TCL - OLR_{EST}^A - OLR_{EST}^B}{10}} \right)^i \times (1+x)^{2j}$$

Où:

OLR_{EST}^A, OLR_{EST}^B sont les estimations des équivalents globaux pour la sonie de la connexion, dans chaque sens de transmission.

$STMR^B$ est l'affaiblissement d'effet local par la méthode de masquage à l'extrémité B.

$OELR$ est l'équivalent global pour la sonie de l'écho (du locuteur).

TCL est l'équivalent de couplage du terminal, dont la valeur recommandée est indiquée dans le Tableau A.3.

x est le temps moyen de propagation dans un seul sens.

Les valeurs des coefficients (de a ... g, i, j) et de l'équivalent TCL sont indiquées dans le Tableau A.3.

Tableau A.3/P.562 – Valeurs des coefficients de la formule d'écho et retard

Valeurs des coefficients	
a =	2,033147
b =	-0,098411
c =	-0,025504
d =	0,002805
e =	12,038429
f =	0,938353
g =	-12,970093
i =	0,195657
j =	0,078805
TCL =	37,0

A.2.1.1 Équivalents globaux pour la sonie, OLR_{REF} et OLR_{EST}

Deux versions des OLR sont utilisés dans l'indice CCI. La première est l'OLR de la communication de référence (OLR_{REF}) et la seconde est une valeur estimée (OLR_{EST}) qui est fondée sur le niveau vocal reçu au niveau du dispositif INMD. Les équations de base des équivalents globaux pour la sonie sont fondées sur celles de la Recommandation UIT-T P.79 [14].

$$OLR_{REF}^A = SLR_{REF}^A + RLR_{REF}^B - \frac{10}{m} \sum_{i=4}^{17} 10^{\frac{m}{10} (S_{MJi}^A + S_{Jei}^B - L_{Ei}^B - W_{oi})} \quad (A-5)$$

$$OLR_{EST}^A = OLR_{REF}^A + SF^A \cdot (SL_{REF}^A - SL^A) \quad (A-6)$$

Où:

m est une constante égale à 0,175

SLR_{REF}, RLR_{REF} sont les équivalents pour la sonie à l'émission et à la réception pour la communication de référence.

S_{MJ} est la sensibilité à l'émission – de la bouche à la jonction (pour $SLR = 0$ dB).

S_{Je} est la sensibilité à la réception – de la jonction à la bouche (pour $RLR = 0$ dB).

L_E est le facteur de correction pour l'affaiblissement au pavillon d'oreille.

W_o est la pondération de l'OLR.

SL_{REF}^A est le niveau vocal attendu au niveau du dispositif INMD, calculé à partir de la communication de référence et des hypothèses comme représenté dans l'équation (A-7).

SF^A est un facteur d'échelle compris entre 0 et 1. Son rôle est ici de compenser une éventuelle différence entre le niveau vocal de référence et le niveau vocal mesuré par dispositif INMD; cette différence est due aux deux facteurs suivants: le niveau vocal du locuteur et l'affaiblissement à l'émission du réseau. Si le niveau vocal du locuteur était constant, toutes les variations du niveau vocal mesuré par INMD seraient dues à l'affaiblissement à l'émission du réseau. Dans ce cas, le facteur SF serait fixé à 1 afin de refléter ce fait et de corriger l'OLR estimé. En réalité, le facteur SF dépend de la répartition des affaiblissements du réseau ainsi que de la répartition des niveaux vocaux.

A.2.1.2 Niveau vocal de référence, SL_{REF}

SL_{REF} est le niveau vocal escompté au dispositif INMD, calculé pour la communication de référence.

$$SL_{REF}^A = 10 \log_{10} \sum_{i=4}^{17} 10^{0,1(\beta'_{S_i} + S_{MJ_i}^A - SL_{REF}^A + 10 \log_{10}[\Delta_i])} \quad (A-7)$$

Où:

β'_S est le niveau de densité spectrale des signaux vocaux émis par le locuteur.

S_{MJ} est la sensibilité de bouche à jonction de la condition de référence à $SLR = 0$ dB.

SL_{REF} est l'ESE de la communication de référence.

Δ est la largeur de la bande de fréquence.

A.2.1.3 Affaiblissement d'effet local par la méthode de masquage (STMR)

Le STMR est l'affaiblissement d'effet local par la méthode de masquage pour la communication de référence.

$$STMR^B = -\frac{10}{m} \log_{10} \sum_{i=1}^{20} 10^{\frac{m}{10}(-L_{MeSTi}^B - L_{Ei}^B - W_{MLi})} \quad (A-8)$$

Où:

m est une constante égale à 0,225.

L_{MeST} est l'affaiblissement de bouche à oreille dû au trajet d'effet local.

L_E est le facteur de correction de l'affaiblissement au pavillon d'oreille.

W_{ML} est la pondération du STMR pour une oreille à couplage non hermétique.

A.2.1.4 Equivalent global pour la sonie de l'écho (OELR)

$$OELR^B = SLR_{EXP}^B + EL^B + RLR_{REF}^B \quad (A-9)$$

Où:

SLR_{EXP} est une valeur prédite de SLR fondée sur le niveau vocal reçu au niveau de l'INMD.

EL est le retard d'extrémité mesuré par INMD.

RLR_{REF} est le RLR de la communication de référence.

A.2.1.5 Equivalent en sonie à l'émission prédit, SLR_{EXP}^B

$$SLR_{EXP}^B = SLR_{REF}^B + SF^B \cdot (SLR_{REF}^B - SL^B) \quad (A-10)$$

Où:

SLR_{REF}^B est le SLR de la communication de référence.

SF^A est un facteur d'échelle compris entre 0 et 1 et décrit après l'équation (A-6).

A.2.2 Note d'opinion avant l'écho, $Y_{Cpre-echo}$

La prédiction de la note d'opinion conversationnelle avant l'écho est calculée sur la base d'une note d'opinion intermédiaire, Y_{Cint} comme indiqué dans l'équation (A-11).

$$\ln\left(\frac{Y_{Cpre-echo}^B}{4 - Y_{Cpre-echo}^B}\right) = 0,8541 \cdot \ln\left(\frac{Y_{Cint}^B}{Y_{Cint}^B}\right) - 0,2727 \quad (A-11)$$

A.2.2.1 Note d'opinion intermédiaire, Y_{Cint}

Détermination de Y_{Cint} , note d'opinion intermédiaire.

$$\ln\left(\frac{Y_{Cint}^B}{4 - Y_{Cint}^B}\right) = 0,7 \left[\ln\left(\frac{Y_{LE}^B}{4 - Y_{LE}^B}\right) + 0,5 - \frac{K \times (13 - STMR^B)}{20} \left(\frac{4 - Y_{LE}^B}{Y_{LE}^B}\right)^2 \right] \quad (A-12)$$

Où:

$STMR$ est calculé dans l'équation (A-8).

K est égal à 1 si $STMR < 13$ dB; sinon, $K = 0$.

Y_{LE} est la note d'opinion pour l'effort à l'écoute.

A.2.2.2 Note d'opinion pour l'effort à l'écoute, Y_{LE}

L'effort à l'écoute est calculé au moyen de la formule suivante.

$$\ln\left(\frac{Y_{LE}^B}{4 - Y_{LE}^B}\right) = 1,465 \left[\ln\left(\frac{LOI^B}{LOI_{LIM} - LOI^B}\right) - 0,75 \right] \quad (A-13)$$

Où:

LOI est l'indice d'opinion à l'écoute.

LOI_{LIM} est habituellement fixé à 0,885 afin de tenir compte de "l'effet d'amplification", par lequel les sujets ont tendance à attribuer la note maximale possible à une condition qui est inférieure à l'idéal mais qui correspond à la meilleure expérience habituellement perçue. La valeur maximale Y_{LE} est donc attribuée à une communication pour laquelle $LOI = LOI_{LIM}$.

A.2.2.3 Indice d'opinion à l'écoute, LOI

L'indice d'opinion à l'écoute (LOI , *listening opinion index*) est calculé au moyen des équations suivantes (A-14) à (A-28).

$$LOI^B = A^B D^B \sum_{i=4}^{17} B'_i \Delta_i P(Z_i^B) \quad (A-14)$$

Où:

A est le facteur A utilisé pour compenser l'écart avec le niveau d'écoute optimal.

D est le facteur D utilisé pour compenser le bruit de circuit reçu.

B'_i est la pondération en fréquence de la i^{e} bande de fréquence.

Δ_i est la largeur de la i^{e} bande de fréquence.

$P()$ est une fonction de croissance.

Z_i est le niveau de sensation effective pour la i^{e} bande.

L'indice d'opinion à l'écoute est calculé en bande étroite (dans les bandes 4 à 17).

A.2.2.4 Facteur A

Le facteur A est un multiplicateur qui dépend du niveau vocal reçu. Sa valeur est 1 pour une petite étendue de niveaux autour du niveau optimal mais il décroît rapidement à l'extérieur de cette étendue. La valeur optimale du niveau vocal reçu correspond à un OLR optimal de 8 dB.

$$A^B = 1,00125 - 0,0005556 \left\{ \Delta RSL^B - 1,50 \right\}^2 \quad \text{lorsque } \Delta RSL < 0 \quad (\text{A-15})$$

$$A^B = 1,01005 - 0,0002571 \left\{ \Delta RSL^B - 1,56 \right\}^2 \quad \text{lorsque } \Delta RSL \geq 0 \quad (\text{A-16})$$

Où:
$$\Delta RSL^B = SL_{REF}^A - SL^A + OLR_{REF}^A - 8 \quad (\text{A-17})$$

Où:

SL_{REF}^A est le niveau vocal attendu à l'INMD, calculé d'après la communication de référence et les hypothèses. Il est représenté dans l'équation (A-7).

SL est le niveau vocal mesuré par dispositif INMD.

OLR_{REF} est l'OLR de la communication de référence.

Les limites suivantes doivent également être appliquées au facteur A:

- si $A > 1$ alors $A = 1$.
- si $A < 0,001$ alors $A = 0,001$.

La valeur "8" dans l'équation (A-17) représente l'optimum actuellement accepté pour l'OLR. La valeur d'OLR en question est applicable au trajet permettant au sujet d'écouter (et non de parler).

A.2.2.5 Facteur D

Le facteur D est un multiplicateur qui dépend du niveau de bruit total reçu. Sa valeur décroît lentement à partir de 1 (niveaux de bruit négligeables) jusqu'à 0 (niveaux de bruit très élevés). Le niveau de bruit total dépend des niveaux de bruit mesurés par le dispositif INMD dans les deux sens de transmission.

$$D^B = \frac{1}{1 + \exp\left(0,1125 \cdot (TNL^B - RLR_{P.XXE}^B) + 2,25\right)} \quad (\text{A-18})$$

$$TNL^B = 10 \log_{10} \left(10^{(N^A - R^B)/10} \right) + R^B \quad (\text{A-19})$$

Où:

RLR_{CCI} est l'équivalent en sonie à la réception (RLR) conforme à la Recommandation UIT-T P.79, calculé avec les facteurs de pondération indiqués dans le Tableau A.4.

R, T sont les réglages de ligne d'affaiblissement dans le commutateur à l'émission et à la réception, en décibels.

TNL est le niveau de bruit total atteignant l'oreille de l'auditeur, rapporté au niveau du dispositif INMD (ou au point à 0 dBr). Cela implique que le bruit atteignant l'oreille de l'auditeur soit le produit du bruit provenant des réseaux locaux à chaque extrémité, de sorte qu'il est fonction de deux mesures de niveau de bruit par INMD (dans les deux sens).

A.2.2.6 RLR_{CCI}

Le RLR est calculé avec des valeurs de pondération légèrement différentes de celles de la Recommandation UIT-T P.79.

$$RLR_{P.CCI}^B = \frac{-10}{m} \log_{10} \sum_{i=4}^{17} 10^{\frac{m}{10} (S_{Jei}^B - L_{Ei}^B - W_{rp.xxei})} \quad (A-20)$$

Où:

m est une constante égale à 0,225.

S_{Je} est la sensibilité de la jonction à l'oreille.

L_E est le facteur de correction de l'affaiblissement au pavillon.

W_r est la valeur de pondération indiquée dans le Tableau A.4.

A.2.2.7 Fonction de croissance

$P(\)$ est une fonction de croissance qui calcule l'indice LOI (grandeur associée à l'effort d'écoute) à partir du niveau de sensation Z .

$$P(Z) = 10^{\frac{Z+3,8}{10}} \quad \text{lorsque } Z < -11 \quad (A-21)$$

$$P(Z) = 1 - 10^{\frac{-0,3(Z+14)}{10}} \quad \text{lorsque } Z \geq -11 \quad (A-22)$$

A.2.2.8 Niveau de sensation équivalent

Le niveau de sensation équivalent, Z , est une grandeur qui dépend de la fréquence et qui est calculée pour chaque bande de fréquence. Les formules données pour calculer Z sont appliquées à chaque bande de fréquence.

Le niveau de sensation équivalent, Z , est la différence, en décibels, entre les spectres de parole et de bruit total atteignant l'oreille de l'auditeur.

$$Z_i^B = Z_{ROi}^B - M_i^B - (L_{MEi}^A - SLR_{REF}^A - RLR_{REF}^B) + (SL^A - SL_{EXP}^A) \quad (A-23)$$

Où:

Z_{RO} est le niveau de sensation (en décibels au-dessus du seuil d'audition) pour un affaiblissement de bouche à oreille égal à 0 dB à une fréquence donnée en l'absence de bruit.

L_{ME} est l'affaiblissement de bouche à oreille de la connexion pour un OLR de 0 dB.

M est un décalage de seuil tenant compte du fait que la sonie du son entendu est altérée en présence de bruit.

$$Z_{ROi}^B = \beta_{Si}^A - (\beta_{0i}^B - 10 \log_{10}[\Delta_i]) \quad (A-24)$$

Où pour une fréquence donnée:

β'_S est le niveau de densité spectrale des signaux vocaux émis par le locuteur, en dB Pa²/Hz. Noter que les valeurs actuellement utilisées sont fondées sur la moyenne arithmétique des spectres pour sujets masculins et pour sujets féminins.

β_0 est le seuil d'audibilité d'un son pur par l'auditeur normalisé, en dB Pa².

Δ est la largeur de la bande de fréquence centrée sur une fréquence donnée, en Hz.

$$L_{MEi}^A = -(S_{MJi}^A + S_{Jei}^B) + L_{Ei}^B \quad (A-25)$$

Le décalage de seuil M , à toute fréquence spécifiée, est donné par:

$$M_i^B = 10 \log_{10} \left[10^{\frac{\beta_{CNI}^B}{10}} + 10^{\frac{\beta_{RNI}^B}{10}} + 10^{\frac{\beta_{0i}^B - 10 \log_{10}[\Delta_i]}{10}} \right] - \beta_{0i}^B - 10 \log_{10}[\Delta_i] \quad (A-26)$$

Où:

β_{CN} est la densité spectrale du bruit de circuit issu de toutes les sources combinées (y compris le bruit de salle provenant de l'extrémité distante) au point de référence oreille, en dB Pa²/Hz.

β_{RN} est la densité spectrale du bruit de salle au point de référence oreille après transmission sur le trajet d'effet local, combiné avec celui qui arrive par fuite au pavillon d'écouteur, en dB Pa²/Hz.

La densité spectrale au point de référence oreille est obtenue par addition du niveau de bruit de circuit, ICN au spectre de bruit, ICNV0 (qui est mesuré avec pondération psophométrique), compte tenu de l'affaiblissement entre la jonction et l'oreille. C'est ce qui est représenté dans l'équation (A-27).

$$\beta_{CN}^B = CNS_i^A + TNL^B + S_{Jei}^B - L_{Ei}^B - RLR_{REF}^B \quad (A-27)$$

Où:

CNS est la densité spectrale du bruit de circuit au niveau de 0 dBm0p.

TNL est le niveau total de bruit de circuit rapporté au dispositif INMD, tel qu'indiqué dans l'équation (A-19).

S_{Je} est la sensibilité entre la jonction et l'oreille.

L_E est le facteur de correction de la fuite au pavillon.

RLR_{REF} est le RLR de la communication de référence.

La densité spectrale du bruit de salle au point de référence oreille est due à deux composantes: le spectre du bruit atteignant l'oreille par le trajet d'effet latéral du terminal téléphonique; et le spectre du bruit atteignant l'oreille par la lame d'air située entre l'écouteur téléphonique et l'oreille.

$$\beta_{RNI}^B = 10 \log_{10} \left(10^{\frac{(RNS_i^B + RN^B - L_{RNEi}^B)}{10}} + 10^{\frac{RNS_i^B + RN^B + \Delta_{SMi}^B - L_{MeSTi}^B - L_{Ei}^B}{10}} \right) \quad (A-28)$$

Où:

L_{MEST} est l'affaiblissement entre le point de référence bouche et le point de référence oreille pour la transmission sur le trajet d'effet latéral.

Δ_{SM} est la sensibilité excessive du microphone au bruit de salle.

L_{RNE} est l'affaiblissement de transmission acoustique du trajet de fuite au pavillon, pour le bruit de salle atteignant le point de référence oreille.

RN est le niveau du bruit de salle, en dBA.

RNS_i est la densité du spectre de Hoth pour le bruit de salle à 0 dBA.

L_E est le facteur de correction d'oreille artificielle à oreille réelle.

A.3 Sortie du modèle

La sortie du modèle d'indice de netteté des logatomes est une prédiction de la note moyenne d'opinion conversationnelle, Y_c , pour chaque extrémité de la connexion. Cette note donne une indication de la qualité vocale de la connexion pour une tâche conversationnelle.

La prédiction de la note Y_c est indiquée sous la forme d'un nombre en virgule flottante compris entre 1 et 5, d'après l'échelle de qualité vocale à 5 degrés de la Recommandation UIT-T P.800 [6], représentée ci-dessous:

- 5 Excellente
- 4 Bonne
- 3 Satisfaisante
- 2 Médiocre
- 1 Mauvaise

A.4 Valeurs de pondération

A.4.1 Pondération des équivalents en sonie

Voir Tableau A.4.

Tableau A.4/P.562 – Valeurs de pondération des équivalents en sonie

Bande	Fréquence Hz	W_s	W_r	W_o	W_{ML}	W_{rcci}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	100				94,0	
2	125				91,0	
3	160				90,1	
4	200	76,9	85,0	65,8	86,4	90,8
5	250	62,6	74,7	60,4	81,9	79,0
6	315	62,0	79,0	68,2	78,5	71,2
7	400	44,7	63,7	55,3	78,2	64,3
8	500	53,1	73,5	66,6	72,8	58,0
9	630	48,5	69,1	63,0	67,6	56,9
10	800	47,6	68,0	63,1	58,4	56,1
11	1000	50,1	68,7	65,0	49,7	57,6
12	1250	59,1	75,1	72,8	48,0	57,2
13	1600	56,7	70,4	69,8	48,7	56,2
14	2000	72,2	81,4	81,7	50,7	58,0
15	2500	72,6	76,5	78,3	49,8	56,8
16	3150	89,2	93,3	95,1	48,4	58,3
17	4000	117,0	113,8	76,6	49,2	103,5
18	5000				47,7	
19	6300				48,0	
20	8000				50,7	

A.4.2 Pondérations de l'indice LOI

Voir Tableau A.5.

Tableau A.5/P.562 – Valeurs de pondération de l'indice LOI

Bande	Fréquence Hz	Δ_i Hz	B'_i	$B'_i \Delta_i$ (3) × (4)
<i>(1)</i>	<i>(2)</i>	<i>(3)</i>	<i>(4)</i>	<i>(5)</i>
1	100			
2	125			
3	160			
4	200	46,0	3,694E-04	0,016994
5	250	58,0	4,097E-04	0,023763
6	315	73,0	4,872E-04	0,035565
7	400	92,0	5,139E-04	0,047282
8	500	115,0	5,084E-04	0,058466
9	630	146,0	4,999E-04	0,072979
10	800	183,0	4,491E-04	0,082186
11	1000	229,0	3,894E-04	0,089166
12	1250	290,0	3,459E-04	0,100300
13	1600	370,0	2,728E-04	0,100925
14	2000	460,0	1,809E-04	0,083234
15	2500	580,0	1,128E-04	0,065449
16	3150	730,0	6,725E-05	0,049091
17	4000	920,0	3,989E-05	0,036703
18	5000			
19	6300			
20	8000			

A.5 Hypothèses/fichiers de données

Le présent sous-paragraphe contient les valeurs des données prises comme hypothèse par l'indice CCI.

NOTE – Lorsque les valeurs décrivent le réseau ou l'équipement (comme les téléphones) ou y font référence, elles sont fondées sur les données obtenues de différents pays européens.

A.5.1 Valeurs des données pour le locuteur et pour l'auditeur

Voir Tableau A.6.

Tableau A.6/P.562 – Valeurs des données prises comme hypothèse pour le locuteur et l'auditeur en fonction de la fréquence

Bande	Fréquence Hz	β'_s dB Pa ² /Hz	β_0 dB Pa ² /Hz × 10 ⁻¹⁰
(1)	(2)	(3)	(4)
1	100	-38,0	223,8000
2	125	-32,9	109,6000
3	160	-31,5	39,8100
4	200	-29,7	12,59
5	250	-30,0	7,079
6	315	-33,3	3,631
7	400	-34,2	1,995
8	500	-34,6	1,259
9	630	-37,7	0,9333
10	800	-41,6	0,6310
11	1000	-46,4	0,5012
12	1250	-48,8	0,5623
13	1600	-50,0	0,6310
14	2000	-52,6	0,5012
15	2500	-55,2	0,2818
16	3150	-59,3	0,1660
17	4000	-63,0	0,1995
18	5000	-66,2	0,2239
19	6300	-67,9	0,3090
20	8000	-68,5	0,5012

A.5.2 Valeurs des données téléphoniques

Voir Tableau A.7.

Tableau A.7/P.562 – Valeurs des données prises comme hypothèse en fonction de la fréquence

Bande	Fréquence Hz	S_{MJ} dB V/Pa	S_{Je} dB Pa/V	Δ_{SM} dB	L_E dB	L_{MeST} dB	L_{RNE} dB Pa ² /Hz
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	100				20,0	47,76	
2	125				16,5	35,46	
3	160				12,5	46,66	
4	200	-12,55	0,99	-6,6	8,4	0,06	3,6
5	250	-10,22	5,72	-6,8	4,9	-1,33	4,9
6	315	-8,48	9,42	-6,9	1,0	-0,18	6,6
7	400	-7,10	11,33	-6,6	-0,7	0,49	8,7
8	500	-6,03	11,49	-4,8	-2,2	2,27	10,6
9	630	-5,04	11,84	-6,6	-2,6	2,68	13,1
10	800	-4,49	11,99	-8,4	-3,2	2,33	16,8
11	1000	-4,22	12,22	-8,9	-2,3	0,79	20,2
12	1250	-3,57	12,04	-11,0	-1,2	1,16	23,1
13	1600	-3,16	11,19	-13,3	-0,1	7,27	24,4
14	2000	-3,16	9,63	-14,7	3,6	10,70	23,3
15	2500	-2,41	10,08	-10,8	7,4	4,90	20,6
16	3150	-5,45	11,35	-12,9	6,7	4,39	18,8
17	4000	-38,69	-28,39	-12,1	8,8	24,82	18,4
18	5000				10,0	66,26	
19	6300				12,5	60,96	
20	8000				15	73,26	

Les valeurs S_{MJ} et S_{Je} sont définies pour des équivalents SLR et $RLR = 0$ dB.

A.5.3 Valeurs des données de bruit

Voir Tableau A.8.

Tableau A.8/P.562 – Spectre des fréquences prises comme hypothèse pour les bruits de salle et de circuit

Bande	Fréquence Hz	RNS dB Pa ² /Hz	CNS dB V/ $\sqrt{\text{Hz}}$
(1)	(2)	(3)	(4)
1	100		
2	125		
3	160		
4	200	-116,4	-42,3
5	250	-118,0	-39,7
6	315	-119,6	-36,9
7	400	-121,3	-35,7
8	500	-122,9	-35,1
9	630	-124,5	-34,8
10	800	-126,2	-34,6
11	1000	-127,8	-34,6
12	1250	-129,4	-34,7
13	1600	-131,1	-34,7
14	2000	-132,7	-34,6
15	2500	-134,4	-34,1
16	3150	-136,2	-37,5
17	4000	-138,6	-85,0
18	5000		
19	6300		
20	8000		

Pour un niveau de bruit de salle = 0 dBA et un niveau de bruit de circuit = 0 dBm0p.

Tableau A.9/P.562

Grandeur	Valeur	Unité
RN	40	dBA
LC	1,0	ms
SF	0,5	–
SLR _{REF}	8	dB
RLR _{REF}	3	dB
T	2,5	dB
R	7,5	dB

A.6 Equations diverses

Les fonctions suivantes sont utilisées à diverses phases du calcul de l'indice CCI afin d'établir un mappage entre un domaine limité par une frontière et un domaine non limité par une frontière. Les limites de frontière utilisées dans le modèle sont 0 et 4. On trouvera ci-dessous les équations permettant de transformer un domaine limité par une frontière en domaine non limité par une frontière et réciproquement.

$$y = \ln\left(\frac{x}{4-x}\right) \quad (\text{A-29})$$

Où x est une valeur limitée par une frontière et où y est une valeur non limitée par une frontière.

L'inverse de cette fonction est une transformation de valeur limitée par une frontière en valeur non limitée par une frontière:

$$x = \frac{4}{1 + \exp(-y)} \quad (\text{A-30})$$

Où x est une valeur non limitée par une frontière et où y est une valeur limitée par une frontière.

ANNEXE B

Mappage des mesures INMD sur le modèle E

B.1 Algorithmes mettant les mesures INMD en relation avec les paramètres du modèle E

Les dispositifs INMD mesurent le niveau vocal (SL), le niveau de bruit (NL), l'affaiblissement d'écho (EL) et le retard d'extrémité (EPD) dans les deux sens d'une connexion. Ces paramètres peuvent être utilisés pour calculer l'influence de l'affaiblissement, du bruit et de l'écho sur l'opinion des clients. Etant donné que les dispositifs INMD ne donnent pas de mesures de qualité de bout en bout, il y a lieu de remarquer que l'utilisation de mesures INMD dans un modèle d'opinion de clients comme le modèle E implique l'estimation de certains paramètres qui ne peuvent pas être déduits des mesures INMD. En particulier, si l'on se rapporte à la Figure 7, la mesure de niveau vocal distant par dispositif INMD (SL_f) peut être utilisée pour calculer la combinaison de l'affaiblissement SLR distant (SLR_f) et de l'affaiblissement d'émission dans le sens distant à proche (T_f). Cependant, l'affaiblissement RLR proche (RLR_N) et l'affaiblissement de réception dans le sens distant à proche (R_N) ne peuvent pas être déduits des mesures INMD car celles-ci ont une incidence sur la qualité de la connexion au-delà du point de mesure INMD. Ces paramètres doivent être estimés par l'utilisateur et sont normalement sélectionnés de façon à représenter une valeurs moyenne ou une étendue de valeurs pour le réseau soumis à l'évaluation.

Les trois sous-paragraphes suivants décrivent des algorithmes mappant les mesures INMD sur les paramètres d'affaiblissement, bruit et écho qui sont utilisés par le modèle E [2]. Le sous-paragraph B.1.4 contient une série complète d'équations permettant d'utiliser le modèle E pour évaluer la qualité en termes d'affaiblissement, de bruit et d'écho au moyen de mesures INMD.

B.1.1 Algorithmes mettant les mesures INMD en relation avec les paramètres d'affaiblissement du modèle E

Le modèle E utilise l'équivalent global pour la sonie (OLR) pour évaluer l'affaiblissement acoustique-téléphonique d'une connexion. L'OLR est la somme des équivalents SLR et RLR des boucles et postes téléphoniques contenus dans une connexion, plus tous les éventuels affaiblissements supplémentaires apportés par le réseau. Dans la plupart des descriptions du modèle E, les éventuels affaiblissements d'émission ou de réception (T_N , T_F , R_N , R_F) sont inclus soit dans le SLR soit dans le RLR de la connexion.

Un algorithme a été mis au point afin d'établir une relation entre la mesure SL d'un dispositif INMD et l'équivalent objectif pour la sonie à l'émission (TOLR, *transmitting objective loudness rating*). La relation $SLR = TOLR + 56$ permet de construire un nouvel algorithme associant la mesure de niveau vocal (SL) par INMD au SLR:

$$SLR = -18,6 - 0,962 \times SL \quad (B-1)$$

Dans le cadre de la connexion indiquée sur la Figure 7, le SLR comprend à la fois le SLR de la boucle du poste téléphonique (SLR_F) et l'affaiblissement d'émission dans la partie à 4 fils du réseau (T_F). Dans la plupart des réseaux, cet affaiblissement d'émission est fixé à 0, ce qui était le cas lors des essais qui ont produit l'algorithme de l'équation (B-1).

L'algorithme indiqué dans l'équation (B-1) a été mis au point par application d'une analyse de régression par les moindres carrés sur les équivalents SL et SLR (convertis à partir de l'équivalent TOLR). La précision de cette régression a été très bonne. Le carré du coefficient de corrélation multiple (R^2) pour la régression était 0,876. R^2 est un indicateur de la qualité de l'ajustement de la régression. Un coefficient $R^2 = 1,0$ indiquerait que la régression représente parfaitement la variation entre les équivalents SL et SLR. La régression présentait des erreurs comprises entre $-3,4$ et $+5,5$ dB. Cependant, une analyse de la précision de la régression indiquait qu'environ 50% des SLR prédits à partir des niveaux vocaux INMD étaient à plus ou moins 1 dB des SLR réels et que plus de 75% étaient à plus ou moins 2 dB des SLR réels.

Comme les valeurs moyennes d'équivalent SL et SLR simulées dans l'essai diffèrent de celles de la plupart des réseaux réels, l'équation (B-1) doit être modifiée pour être utilisée avec des mesures INMD relevées sur des réseaux réels. Au cours de l'essai de laboratoire, l'équivalent SL moyen simulé a été de $-33,8$ dBm et le SLR moyen a été de $13,7$ dB. Les Administrations utilisant cet algorithme dans l'équation (B-1) pour calculer les notes d'opinion des clients à partir de mesures INMD doivent modifier cette équation en ajoutant une constante C, donnée par la relation suivante:

$$C = 0,962 \times (SL_{AVG} + 33,8) + (SLR_{AVG} - 13,7) \quad (B-2)$$

où SL_{AVG} et SLR_{AVG} sont les équivalents SL et SLR moyens dans le réseau en évaluation. Noter que SLR_{AVG} doit inclure l'affaiblissement du réseau T_{AVG} .

Les deux autres paramètres inclus dans l'OLR, l'affaiblissement de réception et le RLR, ne peuvent pas être estimés à partir des mesures INMD. Ils ont chacun une influence sur le niveau vocal après qu'il a été mesuré par le dispositif INMD. Sur cette base, l'équation suivante peut être utilisée afin d'estimer le OLR d'une connexion à partir d'une mesure de niveau vocal par dispositif INMD:

$$OLR = -18,6 + C - 0,962 \times SL + RLR_{AVG} + R_{AVG} \quad (B-3)$$

où RLR_{AVG} et R_{AVG} sont les valeurs moyennes de l'affaiblissement RLR et de l'affaiblissement de réception pour le réseau en évaluation.

B.1.2 Algorithmes mettant les mesures INMD en relation avec les paramètres de bruit du modèle E

Comme indiqué sur la Figure 7, les niveaux de bruit proche et distant ont été mesurés par dispositif INMD dans la portion à 4 fils du circuit d'essai. Comme aucun affaiblissement n'a été simulé par l'essai dans la partie à 4 fils de la connexion, le bruit mesuré du côté 2 fils de l'interface 2 fils-4 fils doit être égal à la somme des puissances des mesures INMD de bruit proche et distant, ce qui donne l'équation suivante:

$$N = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{NL_n}{10}} + 10^{\frac{NL_f}{10}} \right) \quad (B-4)$$

où N est le bruit de circuit psophométrique pondéré qui est mesuré du côté réseau de la boucle proche et où NL_n et NL_f sont respectivement les mesures INMD de niveau de bruit proche à distant et distant à proche. Une analyse de l'erreur apportée par l'équation (A-4) a montré que plus de 90 % des valeurs de bruit prédites se trouvaient à 1 dB du bruit réel. Par ailleurs, la moyenne des valeurs de bruit prédites était à 0,2 dB de la moyenne des valeurs de bruit effectivement mesurées.

Les valeurs de bruit données par l'équation (B-4) sont le bruit électrique mesuré du côté réseau de la boucle proche. Ces valeurs sont converties en valeurs de bruit acoustique dans cadre du modèle E. Il y a lieu de noter que, dans les réseaux réels, les mesures INMD de bruit doivent être corrigées comme indiqué dans l'équation ci-dessous, s'il y a un affaiblissement quelconque d'émission ou de réception dans la partie 4 fils de la connexion en évaluation:

$$N = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{NL_n + T_{AVG}}{10}} + 10^{\frac{NL_f - R_{AVG}}{10}} \right) \quad (B-5)$$

où T_{AVG} et R_{AVG} sont les valeurs moyennes des affaiblissement d'émission et de réception pour le réseau en évaluation. qui ne peuvent pas être calculées à partir des mesures INMD. Il convient de noter que l'équation (B-5) ne comprend pas l'influence du bruit inséré à l'extrémité 4 fils (comme le bruit de quantification, etc.). Ce bruit ne peut pas être mesuré par le dispositif INMD.

B.1.3 Algorithmes mettant des mesures INMD en relation avec les paramètres d'écho du modèle E

Le modèle E utilise le TELR comme paramètre pour l'affaiblissement d'écho acoustique-téléphonique. Pour l'appelant situé à l'extrémité proche de la connexion dans la Figure 7, le TELR subi est égal à la somme des valeurs SLR_N , EL_F , et RLR_N , où la mesure d'affaiblissement d'écho avec intrusion, EL_F , est relevée à l'interface 2 fils-4 fils et inclut tous les affaiblissements de la portion à 4 fils de la connexion (T_N , R_F , T_F , et R_N). Comme indiqué sur la Figure 7, la mesure EL_F par dispositif INMD n'inclut que la somme de l'affaiblissement dû à la traversée de l'hybride 2 fils-4 fils distant et des affaiblissements R_F et T_F . La mesure SL_n par dispositif INMD peut être utilisée pour calculer la somme of SLR_N et T_N au moyen de l'équation (B-1) modifiée par l'équation (B-2). Comme les mesures INMD ne peuvent pas être utilisées pour calculer R_N ou RLR_N , elles doivent être rendues égales aux valeurs moyennes pour le réseau en évaluation. L'équation (B-6) fournit un algorithme pour déterminer le TELR:

$$TELR = -18,6 + C - 0,962 \times SL_n + EL_f + R_{AVG} + RLR_{AVG} \quad (B-6)$$

Etant donné que les mesures de référence et par INMD ont été les mêmes pour l'affaiblissement d'écho EL au cours de l'essai en laboratoire, aucune analyse de précision n'a été effectuée sur l'algorithme indiqué dans l'équation (B-6).

Etant donné que le paramètre de retard d'extrémité paramètre utilisé par le modèle E (D) est égal au temps nécessaire pour qu'un signal émis revienne à l'appelant, la somme des deux mesures INMD du retard EPD fournit une excellente estimation de D. Il n'y manque que la durée nécessaire au signal pour traverser deux fois la boucle proche de l'évaluateur, ce qui conduit à l'algorithme suivant pour D:

$$D = EPD_n + EPD_f \quad (B-7)$$

où EPD_n est la mesure INMD du retard EPD pour les échos renvoyés par l'hybride à l'extrémité proche de la connexion et où EPD_f est la mesure INMD du retard EPD pour les échos renvoyés par l'extrémité distante de la connexion. Ici encore, aucune analyse de précision n'a été effectuée sur les valeurs prédites du retard EPD étant donné que les mesures de référence et les mesures INMD étaient les mêmes.

B.1.4 Equations pour le modèle E au moyen de mesures INMD

Le modèle E produit pour une connexion une évaluation R qui peut être convertie en note d'opinion de client. Le modèle E pour l'affaiblissement, le bruit et l'écho vers le locuteur utilise trois termes pour produire la valeur R:

$$R = R_O - I_{OLR} - I_{DTE} \quad (B-8)$$

où:

R_O est le rapport signal sur bruit à un point de référence 0 dB. Dans les équations indiquées ici, le point de référence 0 dB est à l'entrée 2 fils du système de réception téléphonique situé à l'extrémité proche de la connexion.

I_{OLR} est le terme de dégradation pour l'équivalent global en sonie.

I_{DTE} est le terme de dégradation pour l'écho réverbéré vers le locuteur.

Au moyen de l'équation (B-1) modifiée par l'équation (B-2) et par l'équation (B-5), R_O peut être calculé à partir des mesures INMD des équivalents SL et NL:

$$R_O = 15 - 1,5 \times (-18,6 + C - 0,962 \times SL_f + R_{AVG} + N_O) \quad (B-9)$$

où:

C est donné par l'équation (B-2).

R_{AVG} est l'affaiblissement de réception moyen dans le réseau en évaluation. Il est inclus parce que le point à 0 dBr utilisé ici est à l'entrée 2 fils du système de réception téléphonique.

N_O est le bruit global qui est donné par:

$$N_O = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{N}{10}} + 10^{\frac{N_F + RLR_{AVG}}{10}} \right) \quad (B-10)$$

où:

N est donné par l'équation (B-5) et inclut T_{AVG} et R_{AVG} qui sont les valeurs moyennes des affaiblissements d'émission et de réception dans le réseau en évaluation..

N_F est un bruit de fond qui représente l'influence du bruit de salle à l'endroit du correspondant qui écoute. Ce bruit de fond est rapporté à un RLR de 0 dB corrigé selon le RLR moyen réel du réseau évalué par l'équation (B-10). Le bruit N_F est habituellement supposé égal à -64 dBmP.

La dégradation pour l'équivalent objectif en sonie, I_{OLR} , est:

$$I_{OLR} = 20 \times \left[\left(1 + \left(\frac{X}{8} \right)^8 \right)^{\frac{1}{8}} - \frac{X}{8} \right] \quad (B-11)$$

où la variable X est donnée par:

$$X = OLR + 0,2 \times (64 + N_t) \quad (B-12)$$

expression qui peut être réécrite comme suit au moyen de l'équation (B-3):

$$X = -18,6 + C - 0,962 \times SL_F + RLR_{AVG} + R_{AVG} + 0,2 \times (64 + N_t) \quad (B-13)$$

où N_t est donné par:

$$N_t = N_O - RLR_{AVG} \quad (B-14)$$

La dégradation pour l'écho réverbéré vers le locuteur, I_{DTE} , est:

$$I_{DTE} = \left\{ \left(\frac{R_{OE} - R_E}{2} \right) + \left[\sqrt{\frac{(R_{OE} - R_E)^2}{4} + 100} - 1 \right] \right\} \times \left(1 - e^{-\frac{D}{2}} \right) \quad (B-15)$$

où:

$$R_{OE} = -1,5 \times N_t \quad (B-16)$$

$$R_E = 80 + 2,5 \times (TERV - 14) \quad (B-17)$$

où:

$$TERV = TELR - 40 \times \log_{10} \left(\frac{1 + \frac{D}{20}}{1 + \frac{D}{300}} \right) + 6 \times e^{-0,3 \times \left(\frac{D}{2} \right)^2} \quad (B-18)$$

où:

TELR est donné dans l'équation (B-6);

D est donné dans l'équation (B-7).

APPENDICE I

Détails sur la comparaison des emplacements de dispositifs INMD dans le réseau

Les Tableaux I.1 et I.2 montrent si les mesures relevées par un dispositif INMD contribuent à évaluer la qualité perçue pour chaque paramètre de mesure. Ces mesures sont indiquées pour chaque liaison et par rapport au client d'extrémité proche, au client d'extrémité distante et à l'interconnexion. Si une mesure fournit une information utile quant à la qualité perçue, une valeur '1' est utilisée, tandis qu'une valeur '0' est utilisée lorsque d'éventuels effets d'équipement du réseau ne peuvent pas être mesurés. Le scénario 1 se rapporte à un dispositif INMD situé du côté sortant de la passerelle internationale et le scénario 2 se rapporte au côté entrant. Les descriptions des liaisons sont les suivantes:

- liaison 1 – avec annuleurs d'écho et avec équipement DCME des deux côtés;
- liaison 2 – avec annuleurs d'écho et sans équipement DCME des deux côtés;
- liaison 3 – sans annuleurs d'écho et sans équipement DCME des deux côtés.

**Tableau I.1/P.562 – Comparaison de scénarios d'emplacement de dispositif INMD
en cas d'activation de commande ALC**

Avec commande ALC			Client d'extrémité proche	Client d'extrémité distant	Inter- connexion	Total
Niveau de conversation active	Sc. 1	Liaison 1	0	0	1	1
		Liaison 2	0	0	1	1
		Liaison 3	0	0	1	1
	Sc. 2	Liaison 1	1	0	0	1
		Liaison 2	1	0	0	1
		Liaison 3	1	0	0	1
Niveau de bruit	Sc. 1	Liaison 1	0	0	1	1
		Liaison 2	0	0	1	1
		Liaison 3	1	1	1	3
	Sc. 2	Liaison 1	1	0	0	1
		Liaison 2	1	0	0	1
		Liaison 3	1	1	1	3
Retard d'extrémité	Sc. 1	Liaison 1	1	0	0	1
		Liaison 2	1	1	1	3
		Liaison 3	1	1	1	3
	Sc. 2	Liaison 1	1	0	0	1
		Liaison 2	1	1	1	3
		Liaison 3	1	1	1	3
Affaiblissement d'écho	Sc. 1	Liaison 1	0	0	1	1
		Liaison 2	0	0	1	1
		Liaison 3	0	0	1	1
	Sc. 2	Liaison 1	1	0	0	1
		Liaison 2	1	0	0	1
		Liaison 3	1	0	0	1
TOTAL	Sc. 1	Liaison 1	1	0	3	4
		Liaison 2	1	1	4	6
		Liaison 3	2	2	4	8
		Total	4	3	11	18
	Sc. 2	Liaison 1	4	0	0	4
		Liaison 2	4	1	1	6
		Liaison 3	4	2	2	8
		Total	12	3	3	18

**Tableau I.2/P.562 – Comparaison de scénarios d'emplacement de dispositif INMD
en cas de désactivation de commande ALC**

Sans commande ALC			Client d'extrémité proche	Client d'extrémité distante	Inter- connexion	Total
Niveau de conversation active	Sc. 1	Liaison 1	1	1	1	3
		Liaison 2	1	1	1	3
		Liaison 3	1	1	1	3
	Sc. 2	Liaison 1	1	1	1	3
		Liaison 2	1	1	1	3
		Liaison 3	1	1	1	3
Niveau de bruit	Sc. 1	Liaison 1	1	0	1	2
		Liaison 2	1	1	1	3
		Liaison 3	1	1	1	3
	Sc. 2	Liaison 1	1	0	0	1
		Liaison 2	1	0	0	1
		Liaison 3	1	1	1	3
Retard d'extrémité	Sc. 1	Liaison 1	1	0	0	1
		Liaison 2	1	1	1	3
		Liaison 3	1	1	1	3
	Sc. 2	Liaison 1	1	0	0	1
		Liaison 2	1	0	1	2
		Liaison 3	1	1	1	3
Affaiblissement d'écho	Sc. 1	Liaison 1	1	1	1	3
		Liaison 2	1	1	1	3
		Liaison 3	1	1	1	3
	Sc. 2	Liaison 1	1	0	0	1
		Liaison 2	1	0	0	1
		Liaison 3	1	1	1	3
TOTAL	Sc. 1	Liaison 1	4	2	3	9
		Liaison 2	4	4	4	12
		Liaison 3	4	4	4	12
		Total	12	10	11	33
	Sc. 2	Liaison 1	4	1	1	6
		Liaison 2	4	1	2	7
		Liaison 3	4	4	4	12
		Total	12	6	7	25

APPENDICE II

Techniques statistiques pour mesures INMD multiples

Les trois techniques statistiques suivantes peuvent être utilisées pour évaluer de multiples mesures INMD.

II.1 Intervalle de confiance

L'on part du principe qu'une série de mesures INMD est extraite d'une loi de répartition normale. Puis l'application de la relation suivante fournit un intervalle de confiance de $\alpha\%$ pour la moyenne des mesures:

$$P\left[\bar{X} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}}(Z_{\alpha}) < \mu < \bar{X} + \frac{\sigma}{\sqrt{n}}(Z_{\alpha})\right] = \alpha$$

où:

\bar{X} est la moyenne des mesures.

σ est l'écart type des mesures.

n est le nombre de mesures.

Z_{α} est la déviation normale de l'intervalle α .

μ est la moyenne vraie de la loi de répartition.

Si l'on connaît l'écart type de la répartition, l'équation ci-dessus peut être utilisée pour déterminer l'effectif d'échantillon nécessaire pour produire un intervalle de confiance d'une grandeur donnée:

$$n = \frac{\sigma^2 Z_{\alpha}^2}{M^2}$$

où M est la grandeur souhaitée de l'intervalle de confiance.

Ainsi, par exemple, si l'on sait que les mesures de niveau vocal dans un réseau suivent une loi de répartition normale avec un écart type de 5 et qu'un intervalle de confiance de ± 1 dB à 95 % soit souhaité, alors:

$$n = \frac{5^2 \times 1,96^2}{1^2} \geq 96 \text{ mesures}$$

II.2 Test d'hypothèse pour la moyenne d'une série de mesures par rapport à une valeur fixe

Une deuxième technique statistique utile peut être utilisée afin de mettre au point un test d'hypothèse indiquant si la moyenne d'une série de mesures est supérieure à une valeur fixe. Celle-ci peut être un seuil utilisé pour déterminer le moment où des activités de maintenance sont requises. Cette hypothèse est représentée sous la forme suivante:

$$H_0 : \mu \leq \mu_0 \qquad H_1 : \mu > \mu_0$$

où:

H_0 est l'hypothèse nulle.

H_1 est l'hypothèse alternative.

μ est la moyenne vraie.

μ_0 est le seuil.

Si l'on peut admettre que les mesures sont extraites d'une loi de répartition normale, la statistique suivante, T, peut être utilisée afin de déterminer si l'hypothèse nulle peut être rejetée:

$$T = \frac{(\bar{X} - \mu_0)}{\left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)}$$

où:

\bar{X} est la moyenne des mesures.

σ est l'écart type des mesures.

n est le nombre de mesures.

La statistique T suit la loi du t de Student et peut être comparée aux valeurs extraites de cette loi pour déterminer si l'hypothèse nulle peut être rejetée. En particulier, si T est plus grand que $t_{\alpha}(n-1)$, l'hypothèse nulle peut être rejetée et l'on peut en conclure que la moyenne des mesures est supérieure au seuil à un niveau de signification α . La valeur $t_{\alpha}(n-1)$ est la α^e variable centrée extraite de la loi du t de Student avec $n-1$ degrés de liberté.

Cette équation peut également servir à déterminer l'effectif d'échantillon requis pour garantir que si une moyenne est supérieure d'une grandeur donnée à un certain seuil, la moyenne vraie des mesures sera supérieure au seuil à un niveau de signification donné. Par exemple, si l'écart type de niveaux vocaux typiques est égal à 5, la loi de T nous indiquera les valeurs suivantes:

$$t_{.95}(60) = 1.67 \quad t_{.95}(120) = 1,66$$

Au moyen de cette relation et de l'équation ci-dessus, l'on constate que, si l'on souhaite une différence de 1 dB pour indiquer que la moyenne est supérieure au seuil avec un niveau de signification de 95 %:

$$T = \frac{(\bar{X} - \mu_0)}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{1}{\frac{5}{\sqrt{n}}} \text{ doit être supérieur à } 1,67$$

ce qui implique

$n \geq 70$ mesures pour qu'une différence de 1 dB implique que le seuil est vraiment dépassé à un niveau de confiance de 95%.

II.3 Test d'hypothèse pour les moyennes de deux séries de mesures

Une troisième technique statistique, utile avec de multiples mesures INMD, consiste à utiliser des tests d'hypothèse pour comparer les moyennes de deux séries de mesures, relevées sur différentes ressources ou différentes routes. Dans ce cas, l'hypothèse est la suivante:

$$H_0 : \mu_1 \leq \mu_2 \quad H_1 : \mu_1 > \mu_2$$

Si les deux séries de mesures suivent une loi normale et si les écarts types de ces deux séries de mesures sont égaux, la statistique utilisée pour déterminer si l'hypothèse nulle peut être rejetée est:

$$T = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) \sqrt{n_1 n_2 / (n_1 + n_2)}}{\sqrt{[(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2] / (n_1 + n_2 - 2)}}$$

où:

n_1 et n_2 sont les effectifs des deux séries de mesures.

\bar{X}_1 et \bar{X}_2 sont les moyennes des éléments des deux séries de mesures.

σ_1 et σ_2 sont les écarts types des deux séries de mesures.

Si T est supérieur à $t_{\alpha}(n_1 + n_2 - 2)$, l'hypothèse nulle peut être rejetée au α ième niveau de signification et l'on peut en conclure que la moyenne de la première série de mesures est supérieure à la moyenne de la deuxième série de mesures.

Si l'on admet que les nombres de mesures relevées dans les deux séries sont égaux ainsi que les écarts types correspondants, l'on peut réduire la statistique T à la relation:

$$T = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)\sqrt{n/2}}{\sigma}$$

Si l'on suppose encore que l'écart type des deux séries est égal à 5 et si l'on utilise les valeurs du 95^e percentile de la distribution du t de Student décrite dans le sous-paragraphe ci-dessus, l'on peut déterminer le nombre de mesures requises pour rejeter l'hypothèse nulle relative à une différence de 1 dB entre les moyennes avec un niveau de confiance de 95 %.

$$T = \frac{(1)\sqrt{n/2}}{5} \text{ doit être supérieur à } 1,66 = t_{,95}(120)$$

ce qui implique:

$$n \geq 2 (1,66)^2 5^2 \geq 138 \text{ mesures pour chaque série de données}$$

APPENDICE III

Techniques statistiques pour calculs des seuils INMD

III.1 Introduction

Appliquée aux données INMD, la fixation de seuils passe par le calcul du pourcentage de mesures supérieures ou inférieures à un seuil pour un échantillon de mesures. Le présent appendice donne des informations sur l'approche théorique utilisée pour déterminer des effectifs d'échantillon appropriés.

III.2 Approche théorique

Aux fins de la mise au point d'une approche statistique de la question, une opération aléatoire X peut être considérée comme étant associée à la mesure d'un des paramètres suivants: ASL, PNL, ED, EPL. Moyennant une approximation satisfaisante, dûment vérifiée dans la pratique, la i^e réalisation de X suit une loi de répartition *normale*:

$$x_i \sim N(\mu, \sigma^2) \tag{III-1}$$

où μ et σ sont respectivement l'écart moyen et l'écart type.

Si l'on connaît l'écart moyen et l'écart type, on peut aisément calculer le pourcentage des mesures supérieures à un seuil fixe x_{th} , (voir la Figure III.1) en appliquant la formule suivante:

$$p_e = \Pr\{x_i \geq x_{th}\} = 1 - \Phi\left(\frac{x_{th} - \mu}{\sigma}\right) \quad (\text{III-2})$$

où:

$$\Phi(z) = \Pr(Z \leq z), \quad Z \sim N(0,1) \quad (\text{III-3})$$

Il convient de noter que cela vaut également, *par analogie*, pour le pourcentage des mesures inférieures à un seuil fixe, en raison de la symétrie de la répartition *normale*.

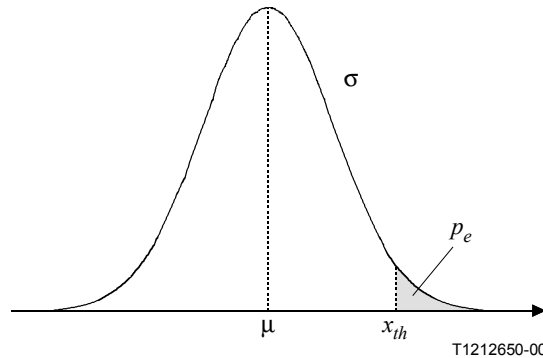


Figure III.1/P.562 – Répartition normale des mesures

Dans les applications pratiques, toutefois, on ne connaît pas *a priori* la moyenne μ , alors que pour l'écart type σ , les valeurs caractéristiques sont connues. Il s'ensuit que l'on ne connaît pas non plus le pourcentage p_e , ce qui oblige à l'évaluer par des mesures.

A partir d'un échantillon de mesures dont l'effectif n est lié à la précision souhaitée et doit être déterminé, l'on peut procéder à une évaluation relativement simple de p_e (\hat{p}_e , par exemple), en calculant le rapport du nombre de mesures qui dépassent le seuil fixe x_{th} à l'effectif d'échantillon n .

Etant donné la précision requise et l'intervalle de confiance associé pour \hat{p}_e , l'effectif d'échantillon n à utiliser peut être déterminé par la méthode exposée ci-après.

Il convient de préciser que ladite méthode est applicable de manière générale, sans nécessairement partir de l'hypothèse que les mesures peuvent être évaluées de manière approchée par une répartition *normale*. On peut donc généraliser l'équation (III-2) comme suit, pour ce qui est du pourcentage des mesures supérieures à un seuil fixe x_{th} :

$$p_e = \Pr\{x_i \geq x_{th}\} \quad (\text{III-4})$$

Si x_i est la i^{e} réalisation de l'opération de mesure et que y_i est obtenu d'après l'équation (III-5),

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{si } x_i \geq x_{th} \\ 0 & \text{si } x_i < x_{th} \end{cases} \quad (\text{III-5})$$

il s'ensuit que y_i suit la même loi de répartition qu'une variable aléatoire de *Bernoulli* avec une probabilité de réussite inconnue égale à p_e :

$$y_i \sim B(1, p_e) \quad (\text{III-6})$$

L'application de l'équation (III-5) à un échantillon de n mesures, x_1, x_2, \dots, x_n , permet d'obtenir les variables aléatoires correspondantes y_1, y_2, \dots, y_n , le meilleur estimateur non biaisé de la probabilité maximale pour p_e s'établissant comme suit:

$$\hat{p}_e = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (\text{III-7})$$

où le numérateur correspond au nombre des mesures qui dépassent le seuil fixe,

$$\hat{y} = \sum_{i=1}^n y_i \quad (\text{III-8})$$

Si l'on admet que les mesures x_1, x_2, \dots, x_n suivent une loi de répartition indépendante et identique, l'on peut alors décrire \hat{y} par une variable aléatoire *binomiale* dont l'ordre est égal à n et la probabilité de réussite inconnue égale à p_e :

$$\hat{y} \sim B(n, p_e) \Rightarrow \Pr\{\hat{y} = t\} = \binom{n}{t} \cdot p_e^t \cdot (1 - p_e)^{n-t} \quad \text{pour } t = 0, 1, \dots, n \quad (\text{III-9})$$

Si l'on souhaite évaluer p_e avec un intervalle de confiance de $\pm \Delta_p$ à 95%, l'effectif d'échantillon minimal n_{min} doit vérifier l'égalité suivante:

$$\Pr\{\hat{p}_e - \Delta_p \leq p_e \leq \hat{p}_e + \Delta_p\} = 0,95 \quad (\text{III-10})$$

Cette égalité, d'après l'équation (III-9) et compte tenu de certaines propriétés statistiques de base, donne les résultats indiqués sur la Figure III.2.

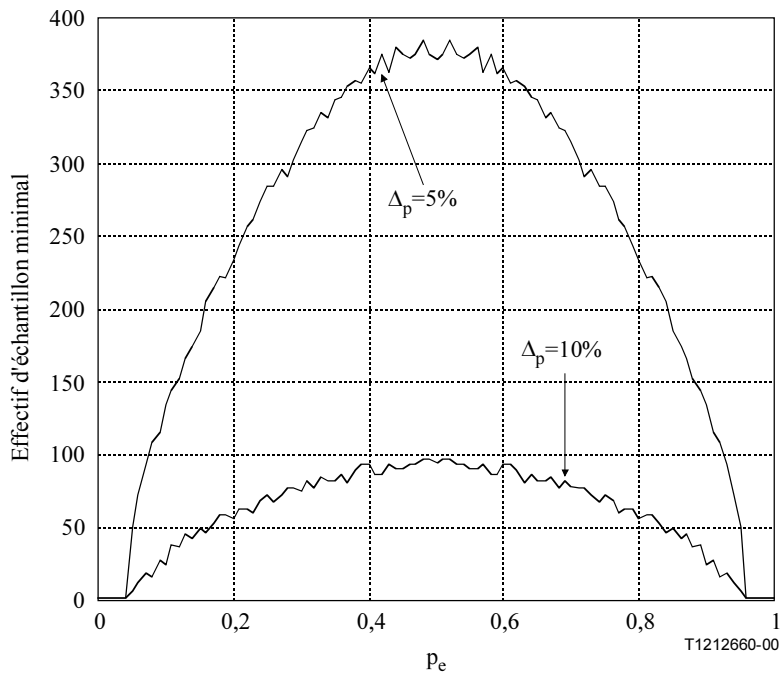


Figure III.2/P.562 – Effectif d'échantillon minimal pour un intervalle de confiance de $\pm \Delta_p$ à 95%

III.3 Approximations

L'approche théorique présentée au III-2 doit être simplifiée moyennant l'introduction d'approximations.

On sait d'après la littérature qu'une variable aléatoire *binomiale* peut être calculée de manière approchée par une répartition *normale* dont l'ordre est suffisamment élevé et la probabilité de réussite n'est pas trop proche de 0 ou de 1.

D'après ce principe et en reprenant les hypothèses qui ont conduit à l'équation (III-9), on obtient:

$$\hat{y} \approx N(np_e, np_e(1 - p_e)) \quad (\text{III-11})$$

et, par voie de conséquence:

$$\hat{p}_e = \frac{\hat{y}}{n} \approx N(p_e, p_e(1 - p_e)/n) \quad (\text{III-12})$$

On peut dès lors déterminer l'effectif d'échantillon minimal n_{min} nécessaire à l'obtention d'un intervalle de confiance de $\pm \Delta_p$ à $\alpha\%$ en appliquant la formule suivante:

$$\frac{\Delta_p}{\sqrt{\frac{p_e(1 - p_e)}{n_{min}}}} = Z_\alpha \quad (\text{III-13})$$

où Z_α est la déviation normale pour α , ce qui donne:

$$n_{min} = p_e(1 - p_e) \cdot \frac{Z_\alpha^2}{\Delta_p^2} \quad (\text{III-14})$$

A titre d'exemple, la Figure III.3 indique le résultat de l'approximation pour $\alpha = 95\%$ et $\Delta_p = 5\%$.

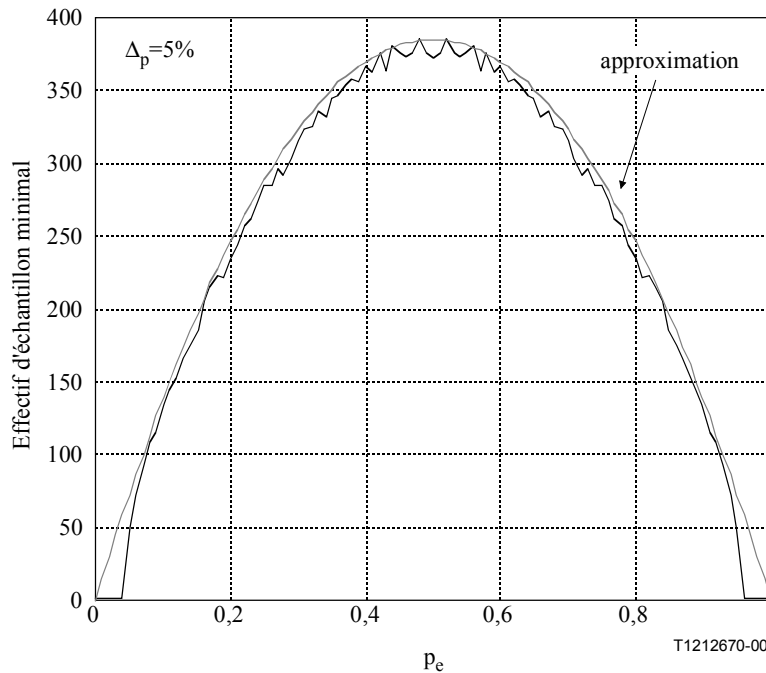


Figure III.3/P.562 – Effectif d'échantillon minimal pour un intervalle de confiance de $\pm 5\%$ à 95%: résultat approché

Comme dans la pratique on ne connaît pas *a priori* le pourcentage des mesures d'un paramètre supérieures (ou inférieures) à un seuil fixe, il convient de prendre en considération le cas le plus défavorable associé à $p_e = 1/2$ (voir l'équation (III-14)) pour déterminer l'effectif d'échantillon approprié.

Par conséquent, on recommande d'utiliser la formule suivante:

$$\text{Effectif d'échantillon minimal} = \frac{Z_{\alpha}^2}{4\Delta_p^2} \quad (\text{III-15})$$

où Δ_p est la précision requise et Z_{α} est la déviation normale pour α .

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série B	Moyens d'expression: définitions, symboles, classification
Série C	Statistiques générales des télécommunications
Série D	Principes généraux de tarification
Série E	Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
Série F	Services de télécommunication non téléphoniques
Série G	Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques
Série H	Systèmes audiovisuels et multimédias
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	RGT et maintenance des réseaux: systèmes de transmission, de télégraphie, de télécopie, circuits téléphoniques et circuits loués internationaux
Série N	Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle
Série O	Spécifications des appareils de mesure
Série P	Qualité de transmission téléphonique, installations téléphoniques et réseaux locaux
Série Q	Commutation et signalisation
Série R	Transmission télégraphique
Série S	Equipements terminaux de télégraphie
Série T	Terminaux des services télématiques
Série U	Commutation télégraphique
Série V	Communications de données sur le réseau téléphonique
Série X	Réseaux de données et communication entre systèmes ouverts
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information et protocole Internet
Série Z	Langages et aspects informatiques généraux des systèmes de télécommunication