



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

O.81

Appendice I
(06/98)

SÉRIE O: SPÉCIFICATIONS DES APPAREILS DE
MESURE

Appareils de mesure des paramètres analogiques

Appareil de mesure du temps de propagation de
groupe pour circuits de type téléphonique

**Appendice I: Signal de mesure (signal d'essai
à tonalités multiples) permettant de mesurer
rapidement l'amplitude et la phase sur les
circuits de type téléphonique**

Recommandation UIT-T O.81 – Appendice I

(Antérieurement Recommandation du CCITT)

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE O
SPÉCIFICATIONS DES APPAREILS DE MESURE

Généralités	O.1–O.9
Accès pour la maintenance	O.10–O.19
Systèmes de mesure automatiques et semi-automatiques	O.20–O.39
Appareils de mesure des paramètres analogiques	O.40–O.129
Appareils de mesure des paramètres numériques et analogiques/numériques	O.130–O.199

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

RECOMMANDATION UIT-T O.81

APPAREIL DE MESURE DU TEMPS DE PROPAGATION DE GROUPE POUR CIRCUITS DE TYPE TÉLÉPHONIQUE

APPENDICE I

Signal de mesure (signal d'essai à tonalités multiples) permettant de mesurer rapidement l'amplitude et la phase sur les circuits de type téléphonique

Résumé

L'Appendice I est une brève description d'un signal d'essai et indique les avantages particuliers de ce signal qui permet de mesurer simultanément l'amplitude et la phase.

Il avait été publié comme Supplément 3.7 dans le fascicule IV.4 du Livre Bleu (1988), et a été renuméroté le 26 juin 1998 comme Appendice I de la Rec. UIT-T O.81 sans autre modification.

Source

L'Appendice I à la Recommandation UIT-T O.81, élaboré par la Commission d'études 4 (1997-2000) de l'UIT-T, a été approuvé le 26 juin 1998 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'études à traiter par les Commissions d'études de l'UIT-T, lesquelles élaborent en retour des Recommandations sur ces thèmes.

L'approbation des Recommandations par les Membres de l'UIT-T s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution 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, le terme *exploitation reconnue (ER)* désigne tout particulier, toute entreprise, toute société ou tout organisme public qui exploite un service de correspondance publique. Les termes *Administration*, *ER* et *correspondance publique* sont définis dans la *Constitution de l'UIT (Genève, 1992)*.

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 2000

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

	<i>Page</i>
I.1 Le signal d'essai à tonalités multiples	1
I.1.1 Description générale.....	1
I.1.2 Principe de mesure	1
I.1.3 Données concernant le signal d'essai à tonalités multiples.....	2
I.2 Avantages du signal d'essai à tonalités multiples.....	2
I.3 Expérience pratique	3

APPAREIL DE MESURE DU TEMPS DE PROPAGATION DE GROUPE POUR CIRCUITS DE TYPE TÉLÉPHONIQUE

APPENDICE I

Signal de mesure (signal d'essai à tonalités multiples) permettant de mesurer rapidement l'amplitude et la phase sur les circuits de type téléphonique

(Genève, 1998)

I.1 Le signal d'essai à tonalités multiples

I.1.1 Description générale

Le signal d'essai à tonalités multiples (SETM) comprend un spectre de N signaux discrets espacés de 100 Hz dans la gamme des fréquences inférieures.

Les raies spectrales sont toutes d'égale amplitude; la relation de phase entre chacune d'elles est choisie à partir de considérations mathématiques, de sorte que l'énergie du signal d'essai est répartie presque uniformément sur la totalité de la période du signal d'essai.

Les caractéristiques de transmission, c'est-à-dire l'amplitude et la distorsion de phase d'une ligne téléphonique, entraînent des modifications du signal d'essai qui sont mesurées et évaluées, par exemple, à l'aide d'une analyse de Fourier, du côté réception. Il est possible d'afficher les résultats sur un écran, sous la forme d'un graphique représentant l'amplitude et/ou la phase, ce qui permet aussi, par exemple, de déduire le temps de propagation de groupe.

I.1.2 Principe de mesure

Le signal d'émission composé de N ondes cosinusoidales est produit dans les circuits numériques; un nombre suffisant de valeurs instantanées du SETM est extrait d'une mémoire morte (ROM) au moyen d'une fréquence d'horloge. Une fois qu'il est passé dans un convertisseur N/A et dans un filtre qui supprime la fréquence d'horloge, on obtient le signal composite:

$$u(t) = \sum_{n=1}^N A_n \cdot \cos(2\pi nft - \varphi_n)$$

où

A est l'amplitude d'une forme d'onde unique;

f est 100 Hz (voir la remarque 2);

φ est la phase des formes d'onde uniques;

n est le numéro de série des formes d'onde uniques;

t est le temps;

N est le nombre total d'ondes.

Pour $f = 100$ Hz, la durée d'une période du SETM est 10 ms.

Le SETM est introduit dans l'objet à mettre à l'essai qui modifie les propriétés du SETM, c'est-à-dire l'amplitude et la phase de chaque onde.

Du côté réception, le signal modifié est introduit dans un circuit d'évaluation, où le signal est échantillonné en fonction de la fréquence d'horloge. Les valeurs analogiques échantillonnées sont numérisées et mises en mémoire. Les valeurs mémorisées de la fonction temps sont alors transférées à l'aide de la transformée discrète de Fourier dans le domaine fréquentiel. Tous les calculs nécessaires sont faits dans un micro-ordinateur.

Lorsque les mesures des objets à mettre à l'essai portent sur des systèmes à fréquences porteuses, il peut se produire un déplacement de fréquence du signal de mesure. En pareils cas, il est recommandé d'utiliser les fonctions de fenêtre dans la section de traitement du signal du récepteur.

Les caractéristiques de l'objet à mettre à l'essai sont déduites de l'écart entre les valeurs reçues et les valeurs émises.

I.1.3 Données concernant le signal d'essai à tonalités multiples

Emetteur

Fréquences d'émission

- 35 signaux (cosinus) émis simultanément;
- $n \times 100$ Hz; $n = 2$ à 36 par échelons de 100 Hz de 200 à 3600 Hz ou voir les remarques 1 et 2;
- Précision: 1×10^{-4} .

Niveau d'émission (signal d'essai à tonalités multiples) +10 à -40 dBm

Ce niveau correspond au niveau d'un signal sinusoïdal unique qui a la même valeur de crête que le signal d'essai.

- Précision à 1000 Hz 0,2 dB
- Réponse en fréquence 0,1 dB
- Distorsion des harmoniques 40 dB
- Distorsion des signaux parasites à +10 dBm 50 dB
- Constellation de phase

	0	$2\pi/7$	$4\pi/7$	$6\pi/7$	$8\pi/7$	$10\pi/7$	$12\pi/7$
n:	2, 3, 4, 5, 6, 8, 15, 22, 29, 36	9, 12, 20, 24, 35	10, 16, 18, 26, 28, 34 37 (remarque 1)	11, 13, 31, 33	21, 23, 27, 32 1 (remarque 1)	14, 19, 25, 30	7, 17 38 (remarque 1)

Remarque 1 – Les numéros de série de 1, 37 et 38 sont des valeurs facultatives.

Remarque 2 – L'Administration française utilise des échelons de fréquence de 101,56 Hz conformément à $[26 \times (n - 1)] \times f$, où $f = 8000/2048$. Cette utilisation est conforme au principe de décalage de fréquence donné dans la Recommandation O.6 concernant les équipements MIC.

Récepteur

Le récepteur tient compte du niveau et de la constellation de phase du signal émis.

I.2 Avantages du signal d'essai à tonalités multiples

Grâce aux moyens techniques disponibles de nos jours, le signal d'essai à tonalités multiples peut être produit à un coût modique et offrir à la fois une excellente stabilité de la fréquence, de l'amplitude et de la phase. Le nombre de 35 signaux discrets et, par conséquent, de points de mesure dans la gamme de fréquences comprise entre 200 et 3600 Hz est tout à fait approprié pour les besoins des essais qui existent dans la pratique. A titre facultatif, on peut élargir la bande de fréquences, conformément à la remarque 1.

Lorsqu'on évalue le signal reçu, par exemple, à l'aide d'une analyse de Fourier pour déterminer la réponse amplitude/fréquence et/ou le temps de propagation de phase ou de groupe, il suffit que le temps du cycle d'essai qui tient compte d'un temps de traitement et d'un temps d'affichage sur écran, soit inférieur à une seconde. Ce cycle d'essai de courte durée est très utile, surtout lorsqu'un travail d'égalisation doit être effectué.

Le SETM étant, en général, un signal continu, il ne se pose aucun problème de temps d'établissement lorsqu'on utilise un signal en mode de balayage.

Le SETM est un «signal de bruit» idéal à largeur de bande limitée qui permet de déterminer la valeur efficace de la largeur de bande des filtres, par exemple, dans le cas du filtre (pondération psophométrique) de la Recommandation O.41 ou dans celui des instruments d'étalonnage MIC mesurant la distorsion de quantification.

Il suffit de considérer l'ondulation présente dans la courbe de réponse en fréquence pour constater qu'il existe, de toute évidence, des composantes de fréquence causées par une non-linéarité quelconque de l'objet soumis aux essais.

En utilisant l'analyse de Fourier pour évaluer le SETM reçu, on peut reconnaître à la fois l'amplitude et la fréquence des signaux brouilleurs; autrement dit, la procédure fonctionne comme un récepteur sélectif à balayage.

La période de ce SETM est 10 ms (ce qui correspond à une période d'une fréquence fondamentale de 100 Hz). Etant donné que, pour l'analyse de Fourier, il suffit d'échantillonner une seule période du signal d'essai, c'est-à-dire 10 ms du côté réception et encore 10 ms du côté émission, on pourrait faire des mesures pendant les brèves pauses présentes dans le signal vocal ou de transmission de données. Ces pauses existent, en tout état de cause, dans ces signaux ou peuvent être créées par des moyens techniques.

L'utilisation du SETM combinée à l'analyse de Fourier permet de fournir des mesures de paramètres qui exigent normalement l'emploi de filtres; par exemple, bruit pondéré, distorsion de quantification, diaphonie sélective, etc. En pareils cas, le filtrage est assuré par des calculs appropriés effectués dans le micro-ordinateur pour le domaine fréquentiel du signal d'entrée.

Pour les mesures portant notamment sur les sections MIC, il n'est pas nécessaire de décaler les fréquences afin d'éviter les sous-multiples de 8 kHz; dans le cas d'un SETM sans décalage de fréquence, la courbe de réponse en fréquence d'un cycle de mesure présente une ondulation pouvant atteindre $\pm 0,1$ dB. Grâce à une procédure d'établissement de moyenne (par exemple, 4 ou 16 cycles de mesure), on peut réduire l'ondulation à une valeur négligeable.

Pour réduire l'ondulation, il est en outre possible d'utiliser des fréquences décalées de $n \times 101,56$ Hz, conformément à la remarque 2.

Dans ce cas, l'ondulation est inférieure à $\pm 0,05$ dB, après un cycle de mesure; et même cette relativement petite erreur peut être réduite par une procédure d'établissement de moyenne.

I.3 Expérience pratique

Depuis 1981, des instruments utilisant des signaux d'essai à tonalités multiples sont en service dans diverses Administrations et exploitations privées reconnues du monde entier.

Les résultats de mesure sont obtenus rapidement et sans ambiguïté; de plus, ils sont compatibles avec ceux que l'on obtient avec des méthodes classiques.

L'Administration des télécommunications de l'URSS se livre à des travaux théoriques et pratiques sur le SETM afin de déterminer l'utilisation optimale pour de nouvelles applications.

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 pour données et communication entre systèmes ouverts
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information
Série Z	Langages et aspects informatiques généraux des systèmes de télécommunication