



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

O.42

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

SPÉCIFICATIONS DES APPAREILS DE MESURE

**APPAREIL DE MESURE DE LA DISTORSION
NON LINÉAIRE UTILISANT LA MÉTHODE
D'INTERMODULATION À QUATRE TONALITÉS**

Recommandation UIT-T O.42

(Extrait du *Livre Bleu*)

NOTES

1 La Recommandation O.42 de l'UIT-T a été publiée dans le fascicule IV.4 du Livre Bleu. Ce fichier est un extrait du Livre Bleu. La présentation peut en être légèrement différente, mais le contenu est identique à celui du Livre Bleu et les conditions en matière de droits d'auteur restent inchangées (voir plus loin).

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

© UIT 1988, 1993

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.

**APPAREIL DE MESURE DE LA DISTORSION NON LINÉAIRE
UTILISANT LA MÉTHODE D'INTERMODULATION À QUATRE TONALITÉS**

(Malaga-Torremolinos, 1984)

1 Introduction

On évalue normalement la dégradation due à la distorsion de non-linéarité sur les circuits analogiques en mesurant les signaux de fréquences harmoniques résultant d'un signal d'essai sinusoïdal, ou en mesurant les signaux d'intermodulation résultant de l'interaction d'un signal d'essai à tonalités multiples. Les études et l'expérience ont montré que la méthode de distorsion harmonique peut gravement sous-évaluer, dans certaines conditions, le volume de non-linéarité présent dans un circuit. Lorsque plusieurs sources de non-linéarité sont présentes sur un circuit, les produits harmoniques risquent de s'annuler les uns les autres, alors que les produits d'intermodulation engendrés par un signal de données complexe peuvent ne pas s'annuler et compromettre de manière significative la qualité du message transmis. Cet effet est devenu encore plus important avec l'avènement des débits binaires élevés et des signaux de données à codage à plusieurs niveaux et à plusieurs phases.

La méthode d'intermodulation suivante pour la mesure de la distorsion non linéaire, fondée sur l'application d'un signal d'essai à quatre tonalités, est recommandée pour obtenir une meilleure précision. Cette méthode mesure certains produits de distorsion du deuxième et du troisième ordre résultant de l'intermodulation des tonalités dans le signal de mesure prescrit. Les fréquences des quatre tonalités du signal de mesure sont choisies de manière à donner lieu à des produits d'intermodulation du deuxième et du troisième ordre dans la bande passante d'un circuit analogique qui sont facilement isolés du signal de mesure appliqué à l'entrée puis mesurés. On utilise quatre tonalités de manière à obtenir un signal de mesure dont la distribution d'amplitude est de caractère pratiquement gaussien.

2 Principe de fonctionnement

D'une manière générale, on peut définir la distorsion d'intermodulation comme étant la modulation des composantes d'un signal composite, à la suite de laquelle sont produites de nouvelles composantes dont la fréquence est égale aux sommes ou aux différences des multiples entiers des composantes du signal composite original. Normalement, les composantes des deuxième et troisième ordres suffisent à évaluer la non-linéarité du circuit.

On utilise un signal de mesure qui se compose de quatre tonalités de niveau égal. Deux de ces tonalités sont espacées nominalement de 6 Hz et sont centrées sur 860 Hz et les deux autres sont espacées nominalement de 16 Hz et sont centrées sur 1380 Hz. Pour évaluer la distorsion du troisième ordre, on mesure la puissance totale due aux six produits d'intermodulation du troisième ordre dans une bande étroite centrée sur 1,9 kHz et cette puissance est exprimée en dB au-dessous du signal reçu. Pour la distorsion du 2^e ordre, la puissance due aux quatre produits d'intermodulation du 2^e ordre dans une bande étroite centrée sur 520 Hz et la puissance nominale due aux quatre produits d'intermodulation du 2^e ordre dans une bande étroite centrée sur 2240 Hz sont également mesurées. On établit ensuite la moyenne des puissances des deux produits de distorsion du 2^e ordre et le résultat est exprimé en dB au-dessous du signal reçu.

La distorsion d'intermodulation du 2^e ordre est définie de la manière suivante:

$$\text{Intermod}_{2e} = 20 \log_{10} (V_{4T}/V_{2e}) \text{ dB}$$

où:

V_{4T} est le niveau de tension efficace du signal à quatre tonalités, et

$$V_{2e} = \sqrt{\frac{(V_5)^2 + (V_{22})^2}{2}}$$

où:

V_5 est le niveau de tension efficace dans la bande de fréquences centrée sur 520 Hz, et

V_{22} est le niveau de tension efficace dans la bande de fréquences centrée sur 2240 Hz.

La distorsion d'intermodulation du 3^e ordre est définie comme suit:

$$\text{Intermod}_{3e} = 20 \log_{10} (V_{4T}/V_{19}) \text{ dB}$$

où:

V_{4T} est le niveau de tension efficace du signal à quatre tonalités, et

V_{19} est le niveau de tension efficace dans la bande de fréquences centrée sur 1900 Hz.

En fonction des niveaux relatifs des produits de distorsion d'intermodulation et du bruit de circuit, le niveau des signaux mesurés dans le récepteur avec le signal de mesure à quatre tonalités peut être dû en partie ou entièrement au bruit de circuit. Pour déterminer la contribution de ce bruit, on procède à une mesure supplémentaire en utilisant un signal à deux tonalités se composant de la paire élevée ou de la paire inférieure des tonalités au même niveau de puissance que le signal à quatre tonalités. Les valeurs lues sur l'appareil de mesure pour le rapport signal/bruit servent à corriger les mesures de la distorsion observée. Cette correction peut se faire automatiquement dans l'appareil de mesure ou elle peut être faite par l'opérateur.

3 Conditions spécifiques

On trouvera ci-après un ensemble minimal de conditions qui doivent être remplies par un instrument utilisé pour mesurer la distorsion non linéaire à l'aide de la méthode d'intermodulation «à quatre tonalités».

3.1 *Emetteur*

3.1.1 *Précision du niveau*

L'erreur sur le niveau de sortie de la tension efficace sera inférieure à ± 1 dB.

3.1.2 *Gamme de niveau*

La gamme de niveau de sortie sera au moins de 0 à -40 dBm. L'affaiblisseur étalonné pourra comporter des augmentations par échelons de 1 dB ou moins, sauf si un indicateur de niveau fait partie de l'appareil de mesure, auquel cas une correction vernier est acceptable.

3.1.3 *Spectre*

Le signal émis se composera de quatre tonalités de niveau égal. Deux des tonalités seront espacées de 6 ± 1 Hz et centrées sur 860 ± 1 Hz et deux des tonalités seront espacées de 16 ± 1 Hz et centrées sur 1380 ± 1 Hz. Les tonalités seront de niveau égal à $\pm 0,25$ dB près.

3.1.4 *Distorsion harmonique*

La distorsion harmonique de l'une des quatre tonalités devra être au moins de 35 dB au-dessous de la tonalité.

3.1.5 *Bruit de fond*

Tout bruit, distorsion ou perturbation tombant dans les bandes passantes du filtre de distorsion comme spécifié au § 3.2.4 sera d'au moins 80 dB inférieur au signal.

3.1.6 *Fonction de densité de probabilité*

La fonction de densité de probabilité du signal émis sera approximativement celle des quatre oscillateurs sinusoïdaux indépendants, même si les tonalités sont synthétisées à partir d'une source unique.

3.1.7 *Signal de contrôle du rapport signal/bruit*

Il sera possible de neutraliser soit les deux tonalités centrées sur 1380 Hz soit les deux tonalités centrées sur 860 Hz et d'augmenter les deux autres tonalités de $3 \pm 0,25$ dB. Ce signal de contrôle signal/bruit sert à déterminer les perturbations provoquées par le bruit sur le circuit mesuré.

3.2 *Récepteur*

3.2.1 *Précision*

L'erreur de mesure sera inférieure à ± 1 dB.

3.2.2 *Gamme du niveau d'entrée*

Le récepteur devra satisfaire aux conditions de précision de mesure pour une gamme du niveau d'entrée allant de 0 à -40 dBm.

3.2.3 *Mesure et gamme d'affichage*

L'appareil de mesure sera capable de mesurer et d'afficher le rapport du niveau du signal aux produits de distorsion des 2^e et 3^e ordres sur une gamme de 10 à 70 dB.

3.2.4 *Spécifications du filtre*

Les six produits du troisième ordre à mesurer tombent dans la gamme 1877 à 1923 Hz, les quatre produits inférieurs du deuxième ordre dans la gamme 503 à 537 Hz et les quatre produits supérieurs du deuxième ordre dans la gamme 2223 à 2257 Hz. (Cela permet un décalage de fréquence dans la voie et une dérive de fréquence du signal émis.)

Les filtres utilisés pour récupérer les produits doivent être suffisamment larges pour mesurer la puissance totale avec une précision globale de ± 1 dB et suffisamment étroits pour rejeter le bruit hors bande. Les largeurs de bande du filtre peuvent être contrôlées par addition d'un signal de bruit blanc limité dans la bande de 3,5 kHz à un niveau de -40 dBm à l'entrée de l'appareil, en plus du signal à quatre tonalités à -10 dBm. Les niveaux affichés d'intermodulation des deuxième et troisième ordres doivent indiquer une puissance inférieure d'au moins 46 dB à celle du signal à -10 dBm.

En plus du signal à quatre tonalités à -10 dBm appliqué à l'entrée de l'appareil, un signal sinusoïdal de mesure à un niveau de -25 dBm devra être ajouté. La valeur indiquée de la distorsion du troisième ordre sera d'au moins 55 dB inférieure au niveau du signal pour toutes les fréquences de mesure au-dessous de 1600 Hz et au-dessus de 2200 Hz. La valeur de la distorsion du deuxième ordre sera d'au moins 55 dB inférieure au niveau du signal pour toutes les fréquences de mesure au-dessous de 220 Hz, entre 820 et 1940 Hz et au-dessus de 2540 Hz. A 180 Hz et au-dessous, la suppression sera d'au moins 25 dB supérieure aux conditions mentionnées ci-dessus.

3.2.5 *Détecteurs*

Le signal de mesure et les niveaux de distorsion d'intermodulation seront mesurés avec un détecteur de valeurs moyennes ou un détecteur de valeurs efficaces.

3.2.6 *Diaphonie avec l'émetteur associé*

Le récepteur devra satisfaire aux conditions globales de précision lorsque l'émetteur associé (le cas échéant) est mis à son niveau de sortie le plus élevé et est bouclé sur une impédance de 600 ohms et lorsqu'un deuxième émetteur, réglé à 40 dB au-dessous de ce niveau, est utilisé comme source du signal pour la mesure de l'intermodulation.

3.2.7 *Capacité d'autovérification*

Il faudra incorporer à l'appareil un dispositif garantissant que le récepteur est étalonné à ± 1 dB pour les mesures de la distorsion des deuxième et troisième ordres.

3.2.8 *Niveau impropre du signal reçu*

Il faudra prévoir pour les signaux de mesure reçus une indication lorsque ces signaux ne sont pas compris dans la gamme du niveau d'entrée de 0 à -40 dBm.

3.2.9 *Indicateur du signal de vérification signal/bruit*

Il faudra prévoir une indication pour signaler la présence ou l'absence du signal de vérification du rapport signal/bruit.

3.2.10 *Correction du rapport signal/bruit*

En général, la valeur correcte du rapport signal/distorsion d'intermodulation est supérieure à la mesure de distorsion observée en raison de la présence du bruit de circuit. Les instructions d'emploi devront comprendre une courbe de correction appropriée ou un tableau de correction, sauf si l'appareil de mesure fait la correction automatiquement sur la mesure observée après transmission de la vérification du rapport signal/bruit.

3.2.11 *Contrôle des tonalités parasites*

L'appareil devra comprendre un dispositif permettant de déterminer s'il y a réception des tonalités parasites ou un bruit supérieur ou égal à la tonalité de mesure. Sont exclues de cette condition les fréquences situées à ± 100 Hz de 860 Hz et de 1380 Hz.

3.3 *Impédance d'entrée et impédance de sortie*

Toutes les impédances indiquées concernent une connexion équilibrée (non mise à la terre).

3.3.1 *Mode de terminaison (émission ou réception)*

Lorsque l'appareil est utilisé en mode de terminaison, l'impédance entrée/sortie sera de 600 ohms avec un affaiblissement d'équilibrage supérieur ou égal à 30 dB de 300 à 4000 Hz.

3.3.2 *Mode dérivation (réception)*

Lorsque l'appareil est utilisé en mode dérivation, l'affaiblissement dû à la dérivation sur 300 ohms sera inférieur ou égal à 0,15 dB de 300 à 4000 Hz.

3.4 *Affaiblissement longitudinal*

L'entrée et la sortie émetteur/récepteur devront satisfaire aux conditions données ci-après; les mesures seront faites conformément à la Recommandation O.121.

3.4.1 *Affaiblissement de conversion longitudinale*

L'affaiblissement de conversion longitudinale devra être supérieur ou égal à 46 dB entre 300 et 4000 Hz.

3.4.2 *Affaiblissement de perturbation longitudinale à l'entrée*

L'affaiblissement de perturbation longitudinale à l'entrée devra être supérieur ou égal à 110 dB à 50 Hz. Cette condition diminue de 20 dB par décade jusqu'à 5000 Hz. La tension longitudinale appliquée ne dépassera pas 42 volts V_{eff} .

3.5 *Indicateurs de sortie*

3.5.1 *Indicateur analogique*

Si on utilise un indicateur analogique, l'espacement entre graduations du cadran sera de 1 dB ou moins sur la partie de l'échelle normalement utilisée pour la lecture.

3.5.2 *Indicateur numérique*

Si on utilise un indicateur numérique, le résultat sera affiché au dB le plus proche. Le résultat sera arrondi plutôt que fractionné. L'instrument indiquera le résultat final à 1 dB près 10 secondes après application d'un signal de mesure. Après cette période initiale, l'affichage sera mis à jour au moins une fois toutes les cinq secondes sur la base de mesures continues du niveau de réception à quatre tonalités et des produits d'intermodulation. Une période de mise à jour de 2 à 3 secondes est recommandée.

3.6 *Conditions de fonctionnement*

Les performances électriques exigées devront être observées en cas de fonctionnement dans les conditions climatiques spécifiées dans le § 2.1 de la Recommandation O.3.