



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

O.41

(10/94)

**SPÉCIFICATIONS POUR APPAREILS DE MESURE
APPAREILS DE MESURE POUR PARAMÈTRES
ANALOGIQUES**

**PSOPHOMÈTRE UTILISÉ SUR DES CIRCUITS
DE TYPE TÉLÉPHONIQUE**

Recommandation UIT-T O.41

(Antérieurement «Recommandation du CCITT»)

AVANT-PROPOS

L'UIT-T (Secteur de la normalisation des télécommunications) est un organe permanent de l'Union internationale des télécommunications (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 (Helsinki, 1^{er}-12 mars 1993).

La Recommandation révisée UIT-T O.41, que l'on doit à la Commission d'études 4 (1993-1996) de l'UIT-T, a été approuvée le 15 octobre 1994 selon la procédure définie dans la Résolution n° 1 de la CMNT.

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 de télécommunications.

© UIT 1995

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>
1 Introduction	1
2 Considérations générales	1
3 Conditions spécifiques	1
3.1 Impédance d'entrée	1
3.1.1 Mode de terminaison.....	1
3.1.2 Mode de dérivation	2
3.1.3 Impédances d'entrée complexes	2
3.2 Affaiblissements longitudinaux	2
3.3 Gamme de mesure	2
3.4 Précision d'étalonnage à 800 Hz	2
3.5 Gain relatif par rapport à la fréquence (pondération de fréquence)	2
3.5.1 Caractéristique de fréquence facultative	4
3.6 Caractéristiques du circuit du détecteur	4
3.6.1 Essais des circuits du détecteur	5
3.6.2 Inversion	5
3.7 Dynamique du détecteur et du dispositif d'affichage (temps moyen de mesure)	5
3.7.1 Appareillage avec surveillance continue du signal	5
3.7.2 Appareillage avec surveillance non continue du signal	6
3.7.3 Réponse amortie.....	6
3.8 Linéarité.....	6
3.9 Indicateur de sortie	6
3.10 Conditions de fonctionnement	6
3.10.1 Insensibilité au champ électromagnétique	7
Annexe A – Comparaison des pondérations de l'UIT-T et de l'Amérique du Nord	7
Annexe B – Mesures de niveau et de bruit aux interfaces avec des impédances complexes	10
B.1 Mesures de niveau aux interfaces avec impédance réelle – Considérations générales	10
B.2 Mesures de niveau aux interfaces avec impédance complexe	11
B.2.1 Mesureurs de niveau avec impédance complexe d'entrée	11
B.2.2 Psophomètre avec impédance complexe d'entrée	12
B.3 Conclusion	12
Références	13

RÉSUMÉ

Définit les caractéristiques de base d'un appareil de mesure du bruit et d'autres signaux brouilleurs sur les circuits téléphoniques.

MOTS CLÉS

Appareil de mesure, filtre de pondération, impédances complexes, mesure, mesure du bruit, psophomètre.

PSOPHOMÈTRE UTILISÉ SUR DES CIRCUITS DE TYPE TÉLÉPHONIQUE

(Première publication: 1972; révisée en 1984, 1988, 1992 et 1995)

1 Introduction

La présente Recommandation donne les caractéristiques de base des psophomètres qui seront utilisés pour mesurer le bruit et d'autres signaux brouilleurs sur les circuits téléphoniques internationaux et les sections de circuit.

2 Considérations générales

Pour prendre les mesures indiquées ci-dessus, un psophomètre doit posséder les principales caractéristiques suivantes:

- a) la sensibilité relative de l'appareil, à diverses fréquences, doit être celle spécifiée par les caractéristiques de pondération psophométrique (voir Note);
- b) le point de référence pour la sensibilité de l'appareil doit être 0 dBm (un milliwatt) à 800 Hz;
- c) la valeur quadratique moyenne du signal de bruit pondéré doit être détectée et affichée (voir Note);
- d) la dynamique du détecteur et du dispositif d'affichage doit satisfaire aux conditions énoncées dans l'article 3;
- e) la précision globale de l'appareil, utilisé dans une gamme normale et dans ses conditions ambiantes, doit être de $\pm 1,0$ dB ou meilleure. Les essais spécifiques portant sur la précision des divers éléments de l'appareil sont décrits à l'article 3.

NOTE – Les caractéristiques du filtre de pondération combiné avec un détecteur de valeur efficace peuvent être décrites par la formule (P_p signifie puissance psophométrique):

$$P_p = \frac{1}{F_2 - F_1} \cdot \int_{F_1}^{F_2} \frac{V^2(f)}{10^{-3} \cdot |Z_n(F_0)|} \cdot 10^{W(f)/10} \cdot df \quad \text{mVA}$$

Dans cette formule, $W(f)$ est le filtre de pondération du psophomètre avec les fréquences de limitation $F_1 = 16,66$ Hz et $F_2 = 6$ kHz telles que données dans le Tableau 1. $Z_n(F_0)$ est l'impédance d'entrée de l'appareil à la fréquence de référence F_0 . V est la tension inconnue à mesurer. Voir également l'Annexe A/G.100 [3].

L'Annexe A donne une comparaison de la pondération de bruit de l'UIT-T et de la pondération de bruit (pondération C) actuellement utilisée en Amérique du Nord.

3 Conditions spécifiques

On trouvera ci-après un ensemble minimal de conditions qui doivent être satisfaites par l'appareil utilisé en tant que psophomètre.

3.1 Impédance d'entrée

Toutes les impédances indiquées s'appliquent à une entrée symétrique (isolée de la masse). L'impédance par rapport à la terre à 800 Hz sera supérieure à 200 kohms.

3.1.1 Mode de terminaison

L'impédance d'entrée, utilisée dans un mode de terminaison, sera de 600 ohms avec un affaiblissement d'équilibrage supérieur ou égal à 30 dB de 300 à 4000 Hz.

3.1.2 Mode de dérivation

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

3.1.3 Impédances d'entrée complexes

Pour les mesures sur les interfaces à impédances complexes, l'appareil doit être équipé des impédances d'entrée correspondantes. Des exemples de ces impédances sont donnés dans le Tableau 1/Q.552 [6].

Pour cette application, l'appareil doit être étalonné conformément aux dispositions de A.3/G.100 [3], à savoir:

A la fréquence de référence (1020 Hz), 0 dBm0 représente un niveau de puissance absolue de 1 milliwatt mesuré au point de référence pour la transmission (point à 0 dBr).

La tension V d'une tonalité de fréquence vocale quelconque de niveau 0 dBm0 est donnée par l'expression:

$$V = \sqrt{1 \text{ W} \cdot 10^{-3} \cdot |Z_{1020}|}$$

où $|Z_{1020}|$ est le module de l'impédance nominale Z à la fréquence de référence 1020 Hz. Z peut être résistive ou complexe.

Si le psophomètre n'est pas équipé avec des impédances d'entrée complexes, les mesures peuvent être effectuées en utilisant un convertisseur d'impédance adéquat. (Voir par exemple l'Annexe B/P.64 [7].) Un convertisseur d'impédance est un circuit dont l'impédance d'entrée est égale à l'impédance complexe nominale applicable et dont l'impédance de sortie est égale à 600 Ω . La sortie est découplée de l'entrée. Le gain de ce circuit est tel que le niveau 0 dBm à l'entrée correspond à un niveau de 0 dBm à la sortie. C'est-à-dire que le mesureur de niveau doit être correctement étalonné en dBm.

Lors de l'étalonnage pour la mesure du bruit pondéré aux interfaces avec des impédances complexes, la caractéristique d'affaiblissement du filtre de pondération aux deux fréquences 800 Hz et 1020 Hz doit être prise en compte. Voir l'Annexe B.

3.2 Affaiblissements longitudinaux

L'affaiblissement de perturbation longitudinale à l'entrée et l'affaiblissement de conversion longitudinale seront supérieurs ou égaux à 110 dB à 50 Hz. Cette valeur diminue de 20 dB par décade jusqu'à 5000 Hz. (La tension longitudinale indiquée ne doit pas dépasser une valeur efficace de 42 volts.)

3.3 Gamme de mesure

La gamme de mesure utilisable de l'appareil sera de -90 à 0 dBm.

3.4 Précision d'étalonnage à 800 Hz

L'indication de sortie sera de 0 dBm \pm 0,2 dB avec un signal d'entrée de 0 dBm à 800 Hz. Pour les autres niveaux, supérieurs à la gamme de mesure utilisable de l'appareil, les limites d'erreur de la mesure seront:

Gamme	Limite d'erreur
0 à -60 dBm	\pm 0,5 dB
-60 à -90 dBm	\pm 1,0 dB

3.5 Gain relatif par rapport à la fréquence (pondération de fréquence)

Les coefficients de pondération de fréquence nécessaires et les limites de précision pour diverses fréquences sont indiqués dans le Tableau 1. De plus, la largeur de bande de bruit équivalente du réseau de pondération sera de 1823 \pm 87 Hz.

TABLEAU 1/O.41

**Limites et coefficients de pondération du psophomètre
pour circuit téléphonique**

Fréquence (Hz)	Pondération relative (dB)	Limite (± dB)
16,66	-85,0	-
50	-63,0	2
100	-41,0	2
200	-21,0	2
300	-10,6	1
400	-6,3	1
500	-3,6	1
600	-2,0	1
700	-0,9	1
800	0,0	0,0 (référence)
900	+0,6	1
1000	+1,0	1
1200	0,0	1
1400	-0,9	1
1600	-1,7	1
1800	-2,4	1
2000	-3,0	1
2500	-4,2	1
3000	-5,6	1
3500	-8,5	2
4000	-15,0	3
4500	-25,0	3
5000	-36,0	3
6000	-43,0	-

De plus, l'appareil doit être équipé d'un filtre d'arrêt du signal d'essai de 1004 Hz à 1020 Hz, décrit dans le Tableau 1/O.132 [4], pour mesurer les caractéristiques décrites dans le Tableau 1. Dans ce cas, l'étalonnage de l'appareil de mesure doit couvrir un facteur de correction d'une valeur appropriée, afin de tenir compte de l'affaiblissement dans la largeur de bande de bruit équivalente, dû au filtre d'arrêt du signal d'essai. Le facteur de correction suppose une distribution uniforme de la puissance de distorsion sur la gamme de fréquences considérée: ce facteur de correction prend la forme suivante:

$$\text{Correction} = 10 \log_{10} \frac{\text{Largeur de bande équivalente de la pondération type du bruit}}{\text{Largeur de bande équivalente de l'appareil de mesure}} \quad \text{dB}$$

3.5.1 Caractéristique de fréquence facultative

Si on le désire, l'appareil peut fournir la caractéristique de réponse en fréquence facultative pour les mesures non pondérées données à la Figure 1 en plus de la pondération psophométrique du Tableau 1.

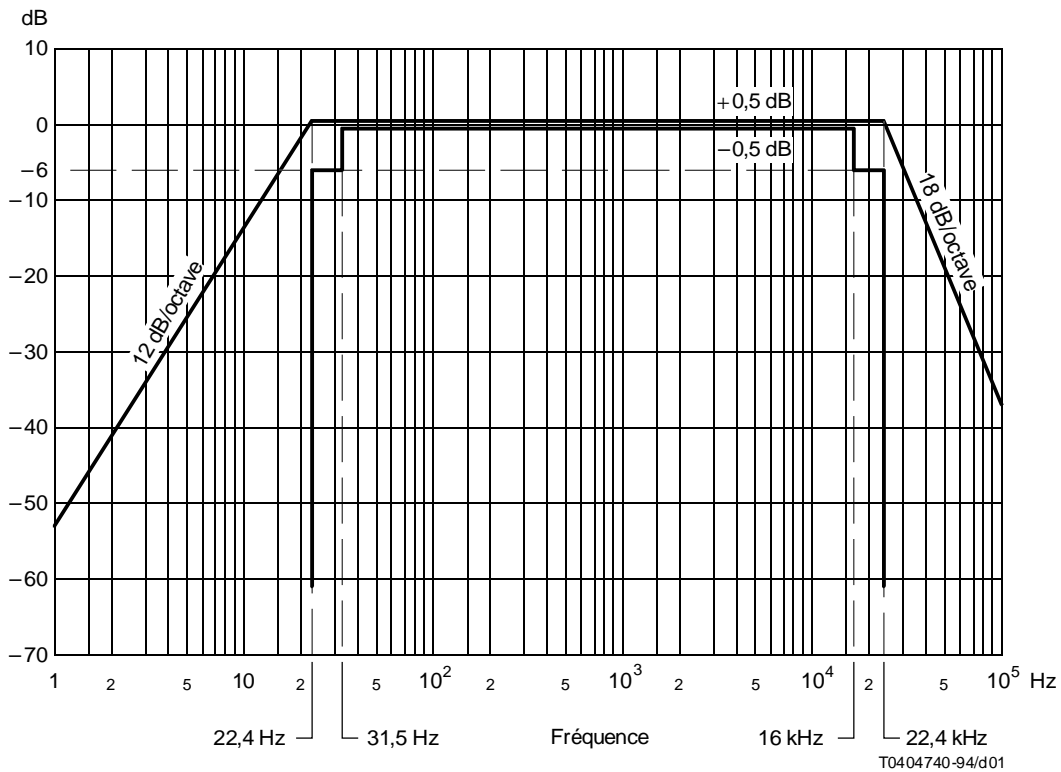


FIGURE 1/O.41

Caractéristiques de réponse fréquentielle pour des mesures non pondérées

Comme option additionnelle, un filtre plat d'une largeur de bande de bruit équivalente de 3,1 kHz (largeur d'une voie téléphonique) est considéré comme souhaitable pour les mesures non pondérées. S'il est fourni, ce filtre devra avoir les caractéristiques indiquées dans le Tableau 2.

Pour la mesure de l'interférence du bruit d'alimentation en alternatif sur les circuits de type téléphonique un filtre passe-bas dont la fréquence de coupure sera d'environ 250 Hz et l'affaiblissement de 50 dB à 300 Hz pourra être fourni à titre d'option.

3.6 Caractéristiques du circuit du détecteur

Le circuit du détecteur doit mesurer la valeur efficace de l'entrée de bruit. On peut utiliser un détecteur de valeur approximative ou quasi efficace pour l'onde entière si sa sortie ne diffère pas d'un détecteur de valeur efficace vraie de plus de $\pm 0,5$ dB pour les formes d'onde de signal suivantes:

- bruit gaussien;
- signaux sinusoïdaux;
- tout signal périodique ayant un rapport valeur de crête/valeur efficace égal ou inférieur à 8 dB.

TABLEAU 2/O.41

Caractéristiques du filtre plat en option d'une largeur de bande de bruit équivalente de 3,1 kHz (largeur d'une voie téléphonique)

Fréquence (Hz)	Affaiblissement
< 300	Augmentation de 24 dB/octave (Note 1)
300	Environ 3 dB (Note 2)
400-1020	$\leq \pm 0,25$ dB
1020	0 dB
1020-2600	$\leq \pm 0,25$ dB
3400	Environ 3 dB (Note 2)
> 3400	Augmentation de 24 dB/octave (Note 1)

NOTES

1 Au-dessous de 300 Hz et au-dessus de 3400 Hz, l'affaiblissement doit augmenter de 24 dB/octave au moins, jusqu'au moment où il atteint au moins 50 dB.

2 La fréquence exacte de coupure doit être choisie de manière à obtenir une largeur de bande de bruit équivalente de 3,1 kHz \pm 155 Hz.

3.6.1 Essais des circuits du détecteur

L'essai suivant est recommandé pour s'assurer que les circuits du détecteur fonctionnent comme indiqué.

- a) Appliquer des impulsions d'une onde sinusoïdale de 1800 Hz à un rythme de 80 Hz, 20% du cycle à une amplitude totale et 80% du cycle à 8,4 dB au-dessous de cette amplitude. La valeur efficace indiquée sera $5,0 \pm 0,5$ dB au-dessous du niveau de l'onde sinusoïdale d'amplitude totale sans déclenchement périodique.

Par ailleurs, les psophomètres fabriqués selon les spécifications de conception antérieures (voir l'Annexe A) seront soumis à l'essai suivant:

- b) Appliquer successivement deux signaux sinusoïdaux de différentes fréquences, qui ne sont pas en relation harmonique et qui indiquent le même niveau de sortie sur l'indicateur de sortie. Appliquer ensuite ces deux signaux simultanément aux mêmes niveaux. L'augmentation sur l'indicateur de sortie doit être de $3 \text{ dB} \pm 0,25 \text{ dB}$ au-dessus de la lecture pour l'entrée de la fréquence unique. Cette condition doit être remplie à l'aide de différentes paires de fréquences à différents niveaux.

3.6.2 Inversion

Appliquer une onde de forme rectangulaire avec un facteur de durée d'impulsion de 20% et une fréquence de répétition de 600 impulsions par seconde à l'entrée de l'appareil, et noter la lecture du bruit. Inverser les conducteurs d'entrée et les deux lectures doivent concorder à 1 dB près. Cet essai sera effectué à plusieurs niveaux de la gamme de fonctionnement spécifiée de l'appareil.

3.7 Dynamique du détecteur et du dispositif d'affichage (temps moyen de mesure)

Le temps de réponse du détecteur et de l'indicateur devront satisfaire à l'une ou l'autre des conditions suivantes.

3.7.1 Appareillage avec surveillance continue du signal

L'application d'un signal sinusoïdal de 800 Hz d'une durée de 150 à 250 ms doit donner la même indication de sortie que celle produite par l'application d'un signal continu de 800 Hz de même amplitude. Les signaux appliqués de plus courte durée doivent donner des valeurs inférieures sur l'indicateur de sortie.

Lors de l'exécution de cet essai, l'erreur de lecture devra être inférieure à $\pm 0,2$ dB.

3.7.2 Appareillage avec surveillance non continue du signal

Par l'application de salves de tonalité de 800 Hz à l'entrée du psophomètre, avec un déclenchement cyclique à 50%, dont la moitié du cycle est à l'amplitude complète et l'autre moitié à 8,4 dB en dessous de l'amplitude complète, le dispositif de sortie devra faire apparaître l'écart indiqué par le Tableau 3. On choisira les signaux de manière à éviter les points de détermination automatique de la gamme.

TABLEAU 3/O.41

Écart affiché par l'indicateur de sortie lors de l'application de salves spécifiées à 800 Hz à l'entrée du psophomètre

Fréquence de déclenchement cyclique (Hz)	Écart de l'indicateur crête à crête (dB)
25	≤ 1
5	≥ 3

On peut régler la puissance d'entrée totale avec une commande vernier de 1 dB sur un point où l'affichage ne change pas, ce qui permet de remplir la condition «moins de 1 dB».

3.7.3 Réponse amortie

(A l'étude.)

3.8 Linéarité

L'essai suivant est recommandé pour s'assurer qu'une surcharge n'entraîne pas une erreur excessive en présence de signaux ayant un rapport valeur de crête/valeur efficace important.

Appliquer une fréquence d'environ 1000 Hz dans des impulsions de 5 millisecondes séparées par 20 millisecondes à un niveau efficace correspondant à la valeur la plus élevée dans la gamme de l'appareil. Lorsque le niveau diminue sur une gamme de 10 dB, la lecture du psophomètre sera proportionnelle à la diminution du niveau appliquée avec une tolérance de $\pm 0,5$ dB, pour toutes les gammes de l'appareil.

3.9 Indicateur de sortie

Si on utilise un appareil de mesure analogique, l'espacement entre graduations du cadran de cet appareil sera de un dB au moins sur la portion de l'échelle normalement utilisée pour la lecture.

Si on utilise l'affichage numérique, la lecture du bruit affichée sera arrondie au 0,1 dB le plus proche. Le résultat sera arrondi et non tronqué. Le rythme de mise à jour d'un affichage numérique sera au moins une fois par seconde environ.

Des appareils utilisant des affichages numériques peuvent fournir, à titre facultatif, des caractéristiques d'affichage supplémentaires pour élargir le champ d'application de l'appareil. Ces caractéristiques d'affichage supplémentaires seront définies par le fabricant pour aider l'utilisateur à interpréter les résultats.

3.10 Conditions de fonctionnement

Les performances électriques exigées devront être observées en cas de fonctionnement dans les conditions climatiques spécifiées dans 2.1/O.3 [5].

3.10.1 Insensibilité au champ électromagnétique

L'appareil ne doit pas être perturbé par la présence de champs électromagnétiques (50 Hz). L'essai portant sur cette insensibilité est décrit ci-après:

- a) si l'appareil fonctionne dans le mode de mesure pondéré, un champ électromagnétique de 16 A/m à 50 Hz entraînera une indication de sortie inférieure à -85 dBm;
- b) si l'appareil fonctionne dans un mode de mesure non pondéré (facultatif, voir 3.5.1), un champ électromagnétique de 0,8 A/m à 50 Hz donnera une indication de sortie inférieure à -85 dBm.

Annexe A

Comparaison des pondérations de l'UIT-T et de l'Amérique du Nord

(Cette annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation)

La dégradation du bruit du circuit téléphonique est normalement mesurée avec une pondération pour «message C» dans les réseaux téléphoniques nationaux de l'Amérique du Nord [1], [2]. La réponse en fréquence de cette pondération diffère quelque peu de la pondération psophométrique de l'UIT-T spécifiée dans la présente Recommandation. En conséquence, la relation entre les mesures faites avec l'appareil de mesure de bruit utilisé en Amérique du Nord et le psophomètre de l'UIT-T dépend du spectre des fréquences du bruit mesuré. De plus, il convient de noter que les mesures faites avec l'appareil de mesure de bruit américain sont exprimées en **dBm** (décibels rapportés à -90 dBm ou décibels au-dessus d'une puissance de référence de 10^{-12} watts). Par exemple, si on applique à chacun des deux appareils un bruit blanc ayant une puissance de 1 milliwatt dans la bande comprise entre 300 et 3400 Hz, on obtient à la lecture les indications suivantes:

- | | |
|--|----------|
| - psophomètre de l'UIT-T (pondération 1951) | -2,5 dBm |
| - appareil de mesure de bruit américain (pondération pour message C) | 88,0 dBm |

Compte tenu du fait que la relation des lectures à la sortie des appareils pondérés variera différemment pour d'autres spectres de bruit, on propose, pour faciliter la comparaison, la formule de conversion arrondie suivante:

$$\text{Lecture du psophomètre (en dBm)} = \text{Lecture de la mesure de bruit du message C } -90 \text{ (en dBm)}$$

Cette conversion tient compte de l'effet de la différence entre les fréquences de référence utilisées (800 Hz pour la pondération psophométrique et 1000 Hz pour la pondération pour message C) pour les deux types d'appareils.

Les coefficients de pondération pour message C et les limites de précision à diverses fréquences sont indiqués dans le Tableau A.1. Une comparaison entre la pondération psophométrique et la pondération pour message C est présentée à la Figure A.1.

Une autre pondération est fréquemment utilisée pour mesurer la dégradation due au bruit sur les circuits téléphoniques dans les réseaux nationaux de l'Amérique du Nord. Il s'agit de la pondération «plate de 3 kHz» [1]. Cette pondération est conçue pour la recherche de la présence de bruit basse fréquence (induction par puissance d'alimentation, etc.) sur le circuit soumis aux essais. Elle est caractérisée sous la forme d'une pondération passe-bas de 3 kHz avec un affaiblissement de type Butterworth de 12 dB/octave au-dessus de 3 kHz. La spécification de cette pondération est précisée dans le Tableau A.2.

TABLEAU A.1/O.41

Limites de précision et coefficients de pondération pour message C

Fréquence (Hz)	Pondération relative (dB)	Limite (\pm dB)
60	-55,7	2
100	-42,5	2
200	-25,1	2
300	-16,3	2
400	-11,2	1
500	- 7,7	1
600	- 5,0	1
700	- 2,8	1
800	- 1,3	1
900	- 0,3	1
1000	0,0	0,0 (référence)
1200	- 0,4	1
1300	- 0,7	1
1500	- 1,2	1
1800	- 1,3	1
2000	- 1,1	1
2500	- 1,1	1
2800	- 2,0	1
3000	- 3,0	1
3300	- 5,1	2
3500	- 7,1	2
4000	-14,6	3
4500	-22,3	3
5000	-28,7	3

NOTE – L'affaiblissement continuera à augmenter au-dessus de 5000 Hz avec une pente qui ne sera pas inférieure à 12 dB par octave jusqu'à ce qu'il atteigne une valeur de -60 dB.

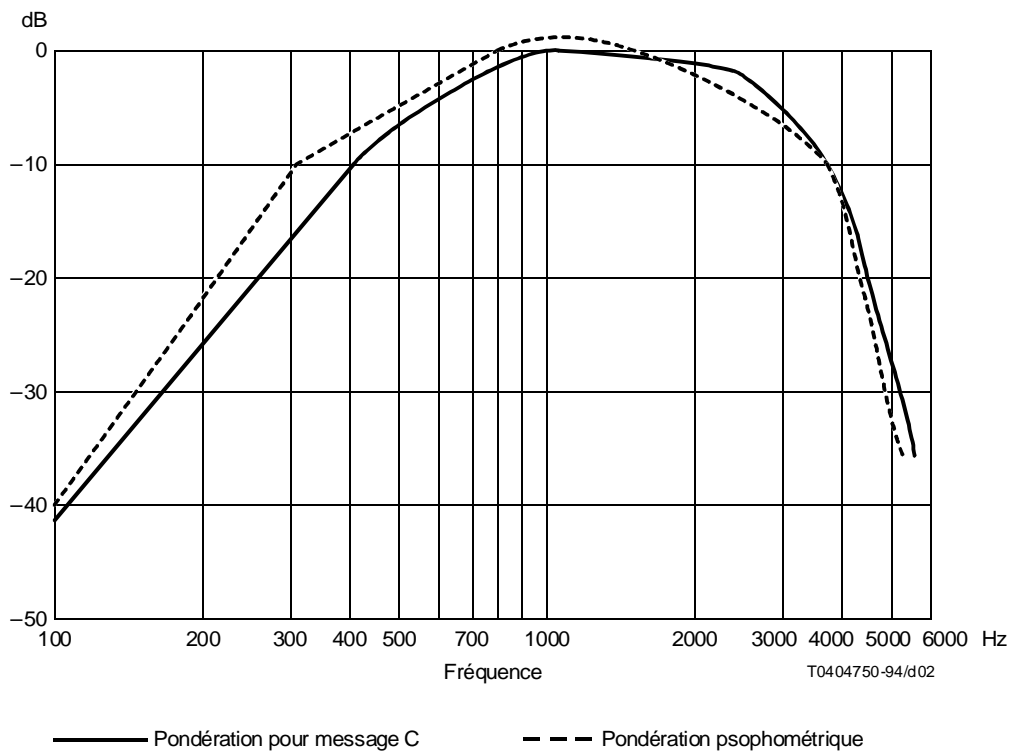


FIGURE A.1/O.41
**Comparaison entre la pondération psophométrique
 et la pondération pour message C**

TABLEAU A.2/O.41
Caractéristiques de la pondération plate de 3 kHz

Fréquence (Hz)	30	60	400	1000	2000	3000	6000
Affaiblissement relatif (dB)	0	0	0	0	0,8	3,0	12,3 ^{a)}
Tolérance (dB)	± 2,5	± 1,7	± 0,5	± 0,2	± 1,0	± 1,8	± 3,0

^{a)} La valeur de l'affaiblissement continue à augmenter au-delà de 6000 Hz à raison de 12 dB/octave jusqu'au moment où elle atteint 60 dB. Aux fréquences supérieures, l'affaiblissement doit être au minimum de 60 dB.

Annexe B

Mesures de niveau et de bruit aux interfaces avec des impédances complexes

(Cette annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation)

B.1 Mesures de niveau aux interfaces avec impédance réelle – Considérations générales

Cette annexe fournit l'information de base concernant les mesures aux interfaces avec des impédances complexes. Il convient d'en tenir compte lors de l'étalonnage de l'équipement de mesure de niveau – spécialement les psophomètres – pour des mesures à de telles interfaces.

La Figure B.1 montre un circuit simple composé d'une source de tension S avec une impédance de source R_{Source} qui est connectée à une charge R_{Load} . La source produit une tension V_S , la tension de la charge est V_L .

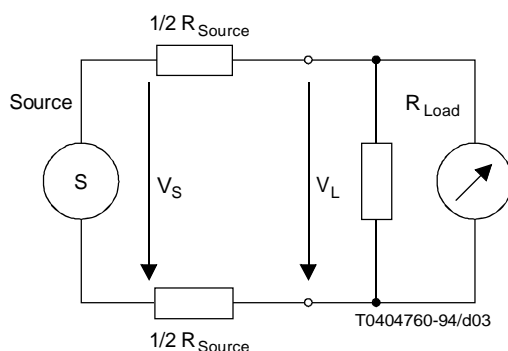


FIGURE B.1/O.41

La source peut représenter un signal inconnu à mesurer et la charge peut être l'impédance d'entrée d'un appareil de mesure. En dépit du fait que les appareils de mesures mesurent surtout des **tensions**, ils peuvent être calibrés pour les mesures de niveau de tension en **dB** ou des mesures de puissance en **dBm**.

En cas d'étalonnage de niveau de puissance, la lecture respecte la formule:

$$\text{Résultat} = 10 \cdot \log (N_X / N_{\text{Ref}}) \quad \text{dBm} \quad (\text{B-1})$$

Dans cette équation N_X est le niveau inconnu de puissance à mesurer et N_{Ref} est le niveau de puissance de référence de 1 mW si l'appareil de mesure est étalonné en dBm.

Si l'impédance d'entrée de l'appareil de mesure (R_{Load} sur la Figure B.1) est 600 Ω , la tension V nécessaire pour produire une puissance de 1 mW est:

$$V = \sqrt{1 \cdot 10^{-3} \text{ W} \cdot 600 \Omega} = 774,597 \text{ mV} \quad (\text{B-2})$$

Par définition, cette tension est utilisée comme tension de référence pour l'étalonnage du niveau de tension des appareils de mesure. Ainsi, les formules suivantes s'appliquent aux lectures de niveau de tension (V_X est le signal inconnu):

$$\text{Résultat} = 20 \cdot \log(V_X / 775 \text{ mV}) \quad \text{dB} \quad (\text{B-3})$$

et

$$0 \text{ dB} \triangleq 774,597 \text{ mV} \quad (\text{B-4})$$

En regardant les équations (B-1) et (B-3), les résultats des mesures peuvent s'exprimer comme:

$$\text{Résultat} = 10 \cdot \log\left(\frac{V_X^2 / 600 \Omega}{775 \text{ mV}^2 / 600 \Omega}\right) = 20 \cdot \log\left(\frac{V_X}{775 \text{ mV}}\right) \quad \text{dBm ou dB} \quad (\text{B-5})$$

et il apparaît que les lectures en **dBm ou dB** sont les mêmes si les impédances d'entrée de l'appareil de mesure sont égales à 600Ω ! Puisque 600Ω était l'impédance de référence la plus commune dans le passé, les spécifications pouvaient être indiquées en **dB ou dBm** sans difficultés majeures.

Il est évident que ces considérations ne s'appliquent pas si des impédances Z différentes de 600Ω doivent être prises en compte. Dans ce cas, la tension représentant le point de référence $1 \text{ mW} / 0 \text{ dBm}$ doit être calculée en utilisant la formule suivante:

$$V = \sqrt{1 \text{ W} \cdot 10^{-3} \cdot |Z|} \quad (\text{B-6})$$

Même ce n'est pas strictement correct, **les mesures des niveaux de tension** sont quelquefois effectuées à des impédances d'interface différentes de 600Ω mais **en maintenant encore la tension de référence de 775 mV**. Il est clair que les lectures en dB seraient alors différentes des lectures en dBm, car l'équation (B-6) fournit la tension de référence dans le dernier cas (étalonnage en dBm).

B.2 Mesures de niveau aux interfaces avec impédance complexe

La situation devient plus difficile si les impédances de la Figure B.1 ci-dessus sont **complexes**. Dans ce cas se pose la question de savoir si des impédances complexes troubleraient la caractéristique de pondération du psophomètre en introduisant un affaiblissement additionnel dépendant de la fréquence ou des variations de gains et donc influencerait les mesures de bruit sur les circuits de type téléphone. Cette question ne peut être réfutée en considérant ce qui suit:

Si les impédances sur la Figure B.1 étaient égales, à savoir

$$R_{\text{Source}} = R_{\text{Load}} = Z \quad (\text{B-7})$$

V_L serait toujours la moitié de V_S sans se préoccuper de la valeur réelle des impédances ou si elles sont complexes ou réelles. Même si ces conditions de correspondance parfaite peuvent ne pas exister en pratique, les exigences de l'équation (B-7) doivent être respectées car autrement par exemple des erreurs de réponse de fréquence seraient introduites ce qui serait une contradiction avec les exigences contenues par exemple dans la Recommandation G.712.

B.2.1 Mesureurs de niveau avec impédance complexe d'entrée

Les impédances complexes influencent la procédure d'étalonnage des appareils de mesure. En prenant en compte l'Annexe A/G.100, l'étalonnage à 0 dBm doit être effectué à la fréquence de référence de 1020 Hz en appliquant une tension sinusoïdale V qui produit une puissance absolue de 1 mW :

$$V = \sqrt{1 \text{ W} \cdot 10^{-3} \cdot |Z_{1020}|} \quad (\text{B-8})$$

où $|Z_{1020}|$ est le coefficient de l'impédance nominale Z , à la fréquence de référence de 1020 Hz . Z peut être résistive (réelle) ou complexe. Cette **tension d'étalonnage** devra être maintenue pour une bande de fréquence vocale quelconque et devra résulter dans une lecture de niveau si une tension constante est appliquée pour une bande de fréquence vocale quelconque.

Si Z est complexe, la puissance apparente variera à **des fréquences différentes** lors de l'application d'une **tension fixée**.

Cela signifie que la lecture en dBm sera seulement en accord avec la définition classique de la puissance si les mesures aux interfaces avec des impédances complexes sont faites à la fréquence de référence et en utilisant des signaux sinusoïdaux.

B.2.2 Psophomètres avec impédance complexe d'entrée

Les conclusions ci-dessus sont également applicables aux psophomètres qui sont essentiellement constitués d'un mesureur de niveau complété d'un filtre de pondération spécifique et d'un détecteur de signal spécifique.

Les psophomètres sont normalement étalonnés à une fréquence de 800 Hz. Néanmoins, l'équation (B-8) s'applique encore, ce qui nécessite un étalonnage à 1020 Hz si une impédance d'entrée complexe doit être utilisée. Le filtre de pondération a un gain de 1 dB à 1020 Hz par rapport au point de référence à 800 Hz. L'étalonnage du psophomètre peut être effectué de plusieurs façons, dont deux sont décrites ci-dessous, étant entendu que l'appareil est bouclé sur l'impédance complexe applicable.

Méthode 1 (si le filtre peut être découplé):

- découpler le filtre (mode de pondération plate);
- appliquer un signal de 1020 Hz, de tension $V = \sqrt{1\text{W} \cdot 10^{-3} \cdot |Z_{1020}|}$;
- étalonner le psophomètre sur la lecture 0 dB;
- activer le filtre;
- sous la même tension, l'appareil donnera normalement +1 dB à 1020 Hz et 0 dB à 800 Hz.

Méthode 2 (si le filtre ne peut pas être découplé):

- appliquer un signal de 800 Hz, de tension $V = \sqrt{1\text{W} \cdot 10^{-3} \cdot |Z_{1020}|}$;
- étalonner le psophomètre sur la lecture 0 dB;
- appliquer un signal de 1020 Hz à la même tension que le signal de 800 Hz;
- l'appareil donnera normalement +1 dB.

Les appareils qui ne sont pas équipés de l'impédance complexe recherchée pourront être étalonnés de façon à mesurer des niveaux de signal à fréquences vocales issus d'interfaces présentant une impédance complexe, comme suit:

- régler l'appareil sur la position d'impédance d'entrée élevée (mode de dérivation);
- connecter l'impédance complexe applicable à l'entrée;
- appliquer à l'entrée un signal de référence à 1020 Hz, de tension $V = \sqrt{1\text{W} \cdot 10^{-3} \cdot |Z_{1020}|}$;
- la lecture en décibels de l'appareil de mesure représentera la valeur «0 dBm», qui sera le nouveau niveau de référence.

B.3 Conclusion

Les conclusions ci-dessus ont montré que les mesures (incluant les mesures de bruit en utilisant un psophomètre) dépendent de l'impédance présente à l'interface à laquelle les mesures sont effectuées.

En pratique, les circuits utilisant le même câble peuvent être terminés par des impédances résistives ou complexes dépendant de l'application réelle. Dans ces conditions, les signaux brouilleurs présents sur les différents circuits seront en général les mêmes. Le fait que les résultats des mesures obtenus dans ces cas seront différents dépend de la différence entre le module de $|Z_{1020}|$ de l'impédance complexe et 600Ω .

Il est cependant toujours possible de calculer la tension présente à une interface en utilisant la formule suivante

$$V = 10^{N_x/20} \cdot \sqrt{1\text{W} \cdot 10^{-3} \cdot |Z_{1020}|} \quad (\text{B-9})$$

Dans cette formule N_x est le niveau de puissance en dBm lu sur l'appareil de mesure de niveau et $|Z_{1020}|$ est le module de l'impédance d'entrée de l'appareil de mesure à la fréquence de référence.

Références

- [1] Recommandation G.123, *Bruits de circuit dans les réseaux nationaux, (Annexe A) Limite pour le bruit dû à un système national.*
- [2] *Appareils pour la mesure des bruits sur les circuits de télécommunication*, Livre vert, Tome IV.2, Supplément 3.2, UIT, Genève, 1973.
- [3] Recommandation G.100, (A.3), *Définitions utilisées dans les Recommandations sur les caractéristiques générales des connexions et des circuits téléphoniques internationaux.*
- [4] Recommandation O.132, *Appareil de mesure de la distorsion de quantification utilisant un signal d'essai sinusoïdal.*
- [5] Recommandation O.3, *Conditions climatiques et essais correspondants applicables aux appareils de mesure.*
- [6] Recommandation Q.552, *Caractéristiques de transmission aux interfaces analogiques à 2 fils d'un commutateur numérique.*
- [7] Recommandation P.64, *Détermination des caractéristiques d'efficacité en fonction de la fréquence des systèmes téléphoniques locaux.*