



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

O.82

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

SPÉCIFICATIONS DES APPAREILS DE MESURE

**APPAREIL DE MESURE DU TEMPS
DE PROPAGATION DE GROUPE
POUR LA GAMME 5 À 600 kHz**

Recommandation UIT-T O.82

(Extrait du *Livre Bleu*)

NOTES

1 La Recommandation O.82 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 DU TEMPS DE PROPAGATION
DE GROUPE POUR LA GAMME 5 À 600 kHz**

(Genève, 1972)

On trouvera ci-dessous les caractéristiques d'un appareil de mesure du temps de propagation de groupe pour circuits pour la transmission de données auxquelles un tel appareil doit satisfaire si l'on veut assurer la compatibilité entre les appareils normalisés par le CCITT et fabriqués par différents constructeurs.

1 Principe de la mesure

Lorsqu'on mesure la distorsion de temps de propagation de groupe sur une ligne (mesure directe), on doit disposer, côté réception, d'un signal pour la démodulation de phase dont la fréquence correspond exactement à la fréquence de modulation côté émission et dont la phase ne varie pas au cours de la mesure. Dans le système proposé, cette fréquence est engendrée par un oscillateur faisant partie du récepteur, et dont la fréquence est commandée par une porteuse de référence. Cette dernière est modulée en amplitude par la même fréquence que la porteuse de mesure; elle est transmise sur le circuit qui fait l'objet de la mesure en alternance périodique avec la porteuse de mesure. Lors du passage de la porteuse de mesure à la porteuse de référence, il ne doit y avoir aucune variation brusque de phase ni d'amplitude du signal émis. La porteuse de référence est en outre modulée en amplitude par un signal d'identification.

Si le circuit qui fait l'objet de la mesure a un temps de propagation de groupe et/ou un affaiblissement différent pour la porteuse de mesure et pour la porteuse de référence, une variation brusque de phase et/ou d'amplitude apparaît à sa sortie au moment où se produit le changement de porteuse dans le récepteur. C'est le récepteur de l'appareil de mesure qui est chargé d'évaluer cette variation brusque. Ce récepteur est muni, aux fins des mesures de temps de propagation de groupe, d'un dispositif de mesure de phase dont fait partie l'oscillateur à commande de fréquence mentionné ci-dessus, oscillateur dont la phase est automatiquement ajustée à la valeur moyenne déduite des phases des fréquences de modulation transmises en même temps que la porteuse de mesure et que la porteuse de référence. La tension de la fréquence appliquée au mesureur de phase est prise à la sortie d'un démodulateur d'amplitude que l'on peut en même temps utiliser pour mesurer les variations d'amplitude. On peut enfin prévoir un discriminateur de fréquence afin de reconnaître la fréquence effective de mesure côté réception – cela notamment pendant les mesures avec balayage de fréquence.

Si la fréquence de la porteuse de mesure diffère, pendant la mesure, de celle de la porteuse de référence et si le temps de propagation de groupe et l'affaiblissement du circuit soumis aux mesures ne sont pas les mêmes sur ces deux fréquences, des signaux carrés apparaissent à la sortie du mesureur de phase, à celle du modulateur d'amplitude et à celle du discriminateur de fréquence; les amplitudes de ces signaux sont proportionnelles aux résultats de mesure respectifs (rapportés à la fréquence de la porteuse de référence) et leur fréquence correspond à la fréquence du changement de porteuse côté émission. Des redresseurs commandés font ensuite une évaluation de ces trois signaux carrés, ce qui permet d'obtenir une indication (avec le signe qui convient) des différences entre la porteuse de mesure et la porteuse de référence au triple point de vue du temps de propagation de groupe, de l'affaiblissement et de la fréquence de mesure.

2 Détails techniques

2.1 *Emetteur*

La fréquence de modulation est de 416,66 Hz (soit 10 000 Hz : 24). Le signal ayant cette fréquence module en amplitude la porteuse de mesure et la porteuse de référence, au taux de 40%. Les deux bandes latérales sont transmises. Le facteur de distorsion de la modulation doit être inférieur à 1%. Le passage d'une porteuse à l'autre se fait en un temps de commutation inférieur ou égal à 100 microsecondes. La fréquence de ce changement de porteuse est rigidement liée à la fréquence de modulation par une division de fréquence binaire; elle est de $416,66 : 10 = 41,66$ Hz. Le changement de porteuse a lieu au minimum de l'enveloppe de modulation; des écarts au plus égaux à ± 20 microsecondes sont admissibles. La fréquence porteuse qui n'est pas transmise doit toujours être affaiblie d'au moins 60 dB par rapport à celle qui est transmise.

Le signal qui a pour rôle d'identifier la porteuse de référence est lui aussi lié rigidement à la fréquence de modulation. La fréquence qui lui a été assignée est 1666 Hz, ce qui représente $4 \times 416,6$ Hz, ou encore $10\,000$ Hz : 6. Le signal d'identification rectangulaire, qui dérive de la fréquence 10 kHz divisée par 6, peut moduler directement la porteuse après avoir traversé un filtre RC passe-bas ayant une constante de temps de 43 microsecondes, car on ne lui demande pas d'avoir une forme purement sinusoïdale. Le taux de modulation est de 20%. Le signal d'identification n'est transmis que pendant les 2,4 dernières millisecondes du temps d'émission de la porteuse de référence. La figure 1/O.82 montre la forme des différents signaux, côté émission.

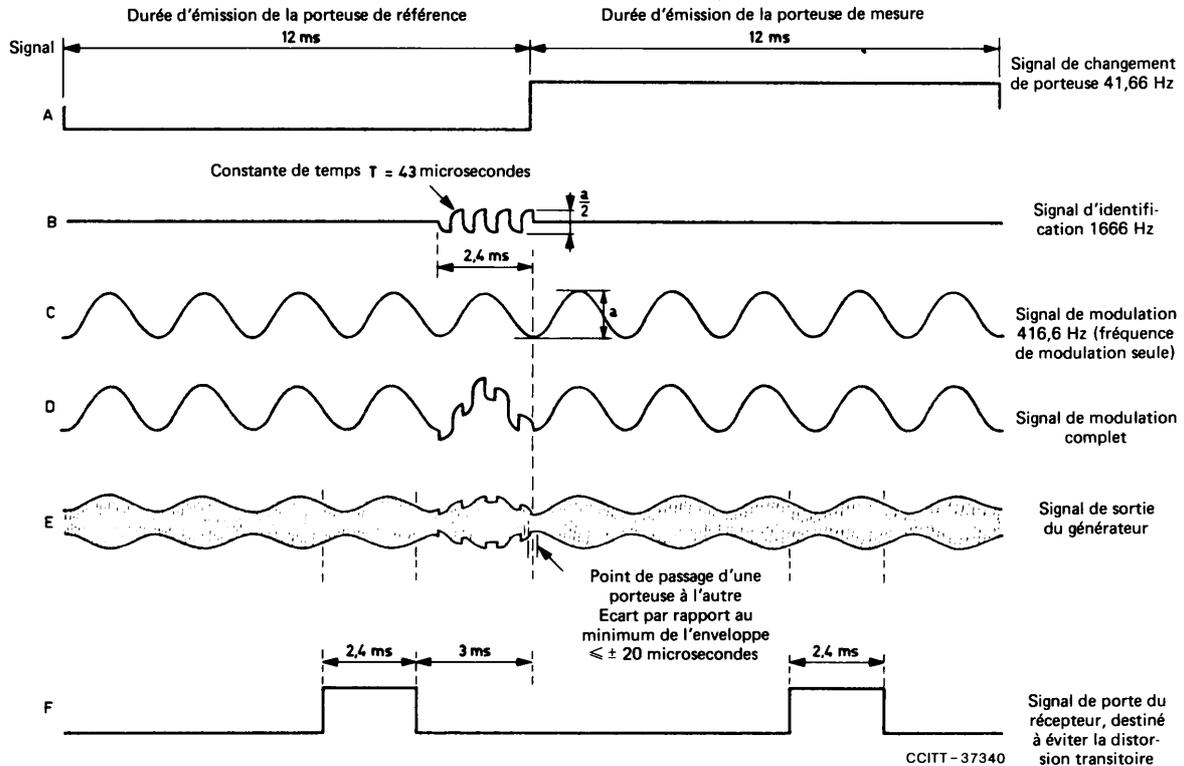


FIGURE 1/O.82

d01-sc

Déroulement dans le temps des divers signaux de l'appareil de mesure du temps de propagation de groupe

2.2 Récepteur

2.2.1 Mesures du temps de propagation de groupe (voir la figure 2/O.82)

Le signal provenant du circuit soumis aux mesures est démodulé; la fréquence de modulation ainsi obtenue (416,6 Hz) est séparée par filtrage. Cette tension de modulation est modulée en quadrature de phase, la fréquence de la modulation de phase étant égale à celle du changement de porteuse (41,66 Hz). L'écart de phase est proportionnel à la différence des temps de propagation de groupe des deux porteuses. La démodulation de phase s'opère dans un mesureur de phase dont la deuxième entrée est, par exemple, alimentée par un oscillateur à 10 kHz par l'intermédiaire d'un diviseur de fréquence de rapport 24/1. Cet oscillateur forme une boucle de commande de phase comportant le mesureur de phase et un filtre passe-bas qui élimine la fréquence du changement de porteuse. De cette manière, la fréquence de modulation engendrée dans le récepteur correspond exactement à celle qui provient de l'émetteur.

A la sortie du mesureur de phase, on obtient une tension carrée de fréquence 41,66 Hz, dont l'amplitude est proportionnelle au résultat de mesure. Pour pouvoir évaluer correctement ce signal, on doit le redresser. La tension de commande utilisée à cet effet est déduite par une division de fréquence par 10 de la fréquence de modulation engendrée dans le récepteur. La position de phase correcte par rapport au signal émis est assurée par la présence du signal d'identification de 1666 Hz. Le redresseur asservi est relié d'une part à un instrument indicateur et d'autre part à une sortie à courant continu.

2.2.2 Mesures d'amplitude

Si la mesure d'amplitude doit être aussi rapportée à la porteuse de référence, on peut procéder à l'évaluation du signal de sortie du démodulateur d'amplitude (signal carré de fréquence 41,66 Hz, proportionnel à Δa) de la manière indiquée ci-dessus pour les mesures du temps de propagation de groupe. On peut en outre indiquer l'amplitude absolue de la porteuse considérée.

2.2.3 Mesures de fréquence

Pour les mesures avec balayage de fréquence, on doit engendrer dans le récepteur une tension qui soit proportionnelle à la fréquence de mesure. On y parvient grâce à un discriminateur de fréquence dont la tension de sortie est appliquée à un redresseur asservi. Le résultat de mesure est obtenu sous forme de différence entre la fréquence de la porteuse de mesure et celle de la porteuse de référence. Si l'on veut, on peut se borner à indiquer la fréquence de la porteuse de mesure.

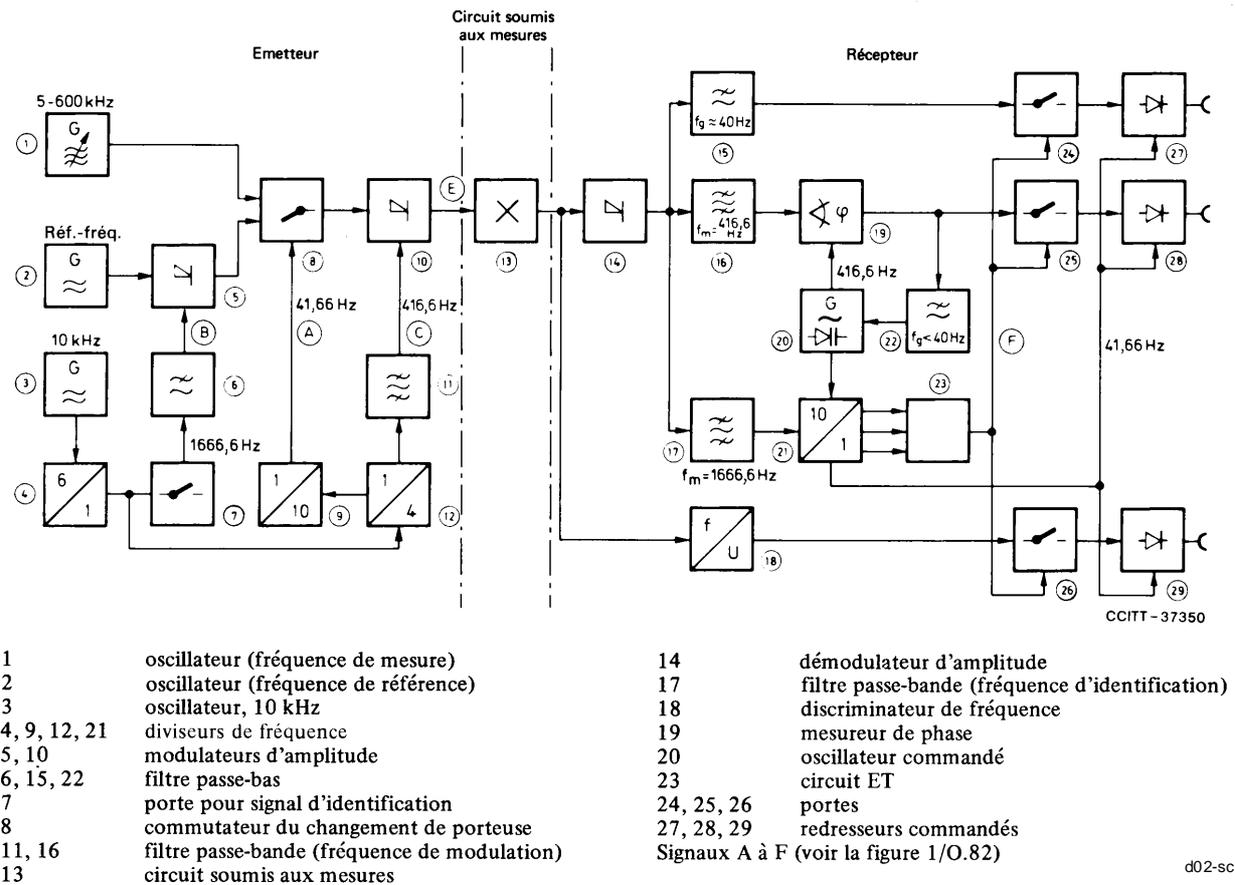


FIGURE 2/O.82

Principe de l'appareil de mesure du temps de propagation de groupe

2.2.4 Suppression de la distorsion transitoire

Le passage d'une porteuse à l'autre peut donner lieu à des distorsions transitoires dans le circuit soumis aux mesures aussi bien que dans le récepteur. Des circuits de porte permettent d'éliminer efficacement ces signaux perturbateurs. Les portes en question ne libèrent les dispositifs de mesure situés en aval que pendant les périodes indiquées dans la figure 1/O.82.

3 Considérations générales

L'impédance de sortie de l'émetteur et l'impédance d'entrée du récepteur doivent être respectivement de 135 et 150 ohms, symétriques et isolées de la masse. En outre, elles devront pouvoir être ramenées à 75 ohms, asymétriques.

4 Spécification d'un appareil de mesure du temps de propagation de groupe pour la gamme 5 à 600 kHz

4.1 Indications générales

4.1.1 Précision des mesures du temps de propagation de groupe (voir également le § 4.2.1):

– de 5 kHz à 10 kHz	$\leq \pm 5$ microsecondes	} $\pm 3\%$ de la gamme de mesure (voir la remarque 1 à la fin de la Recommandation)
– de 10 kHz à 50 kHz	$\leq \pm 2$ microsecondes	
– de 50 kHz à 300 kHz	$\leq \pm 1$ microseconde	
– de 300 kHz à 600 kHz	$\leq \pm 0,5$ microseconde	

Pour les températures qui ne sont pas comprises entre $+5^\circ\text{C}$ et $+40^\circ\text{C}$, la précision indiquée peut être affectée par les variations de la fréquence de modulation, ce qui entraîne une erreur de 4% au lieu de 3% (voir le § 4.1.4).

L'erreur supplémentaire due à des variations d'amplitude ne doit pas dépasser:

– variations ≤ 10 dB	$\pm 0,5$ microseconde
– variations ≤ 20 dB	$\pm 1,0$ microseconde
– variations ≤ 30 dB	$\pm 2,0$ microsecondes

4.1.2 Fréquence de mesure de 5 kHz à 600 kHz

4.1.2.1 Précision de la fréquence de mesure:

– entre $+5^\circ\text{C}$ et $+40^\circ\text{C}$	$\leq \pm 1\%$ de la fréquence indiquée	± 500 Hz
– entre $+5^\circ\text{C}$ et $+50^\circ\text{C}$	$\leq \pm 2\%$ de la fréquence indiquée	± 500 Hz

4.1.3 Fréquence de référence commutable 25 kHz (voir la remarque 2 à la fin de la Recommandation) 84 kHz 432 kHz

4.1.3.1 Précision de la fréquence de référence:

– entre $+5^\circ\text{C}$ et $+40^\circ\text{C}$	$\leq \pm 1\%$
– entre $+5^\circ\text{C}$ et $+50^\circ\text{C}$	$\leq \pm 3\%$

4.1.4 Fréquence de modulation¹⁾:

– entre $+5^\circ\text{C}$ et $+40^\circ\text{C}$	416,66 Hz $\pm 0,5\%$
– entre $+5^\circ\text{C}$ et $+50^\circ\text{C}$	416,66 Hz $\pm 1\%$

4.1.4.1 Taux de modulation¹⁾ 0,4 \pm 0,05

4.1.4.2 Facteur de distorsion de la modulation¹⁾ $\leq 1\%$ (voir la remarque 3 à la fin de la Recommandation)

4.1.5 Fréquence d'identification¹⁾ (déduite de la fréquence de modulation) 1,666 kHz

4.1.5.1 Taux de modulation¹⁾ 0,2 \pm 0,05

4.1.5.2 Durée d'émission du signal d'identification¹⁾ 2,4 ms avant la fin d'émission de la fréquence de référence

4.1.5.3 Le signal d'identification débute par un accroissement de l'amplitude de la porteuse (comme l'indique la figure 1/O.82).

4.1.6 Fréquence du changement de porteuse²⁾ (déduite de la fréquence de modulation) 41,66 Hz

4.1.6.1 Durée de passage d'une porteuse à l'autre²⁾ moins de 100 microsecondes

4.1.6.2 Ecart entre l'instant du changement de porteuse et le minimum de l'enveloppe de modulation²⁾ $\leq \pm 0,02$ ms

1) Conditions à remplir pour des raisons de compatibilité entre équipements fabriqués par différents constructeurs.

2) Conditions à remplir pour des raisons de compatibilité entre équipements fabriqués par différents constructeurs.

4.1.7	<i>Limites de variation des facteurs extérieurs</i> ³⁾	
4.1.7.1	Tension d'alimentation.....	± 10%
4.1.7.2	Température de fonctionnement	+5° C à + 40° C
	Température d'entreposage et de transport	-40° C à + 70° C
4.1.7.3	Humidité relative	de 45% à 75%
4.1.8	<i>Autres dispositifs requis</i>	
4.1.8.1	Contrôle par haut-parleur.....	Facultatif
4.1.8.2	Des circuits de contrôle interne doivent être prévus pour vérifier le bon fonctionnement des dispositifs de mesure des distorsions de temps de propagation de groupe et d'affaiblissement en utilisant les informations appropriées transmises par l'émetteur.	
4.1.8.3	Dispositifs pour introduire des filtres externes afin de réduire les interférences provenant des bandes de trafic adjacentes.....	Facultatif (voir la remarque 4 à la fin de la Recommandation)
4.2	<i>Emetteur</i>	
4.2.1	L'erreur due à l'émetteur et affectant la précision globale de mesure du temps de propagation de groupe (comme indiqué au § 4.1.1) ne doit pas dépasser ²⁾ :	
	- de 5 kHz à 10 kHz	± 0,5 microseconde
	- de 10 kHz à 50 kHz	± 0,2 microseconde
	- de 50 kHz à 300 kHz	± 0,1 microseconde
	- de 300 kHz à 600 kHz	± 0,05 microseconde
4.2.2	Gamme des niveaux émis (puissance moyenne de la porteuse)	-40 dBm à + 10 dBm
	(On a la faculté d'abaisser le niveau maximal émis.)	
4.2.2.1	Précision du niveau émis	≤ ± 0,5 dB
	A la fréquence de référence	≤ ± 0,3 dB
4.2.3	Impédance de sortie (gamme de 5 kHz à 600 kHz):	
4.2.3.1	Symétrique, isolée de la masse	135 et 150 ohms
	Affaiblissement d'équilibrage	≥ 30 dB
	Rapport d'équilibre des signaux.....	≥ 40 dB
4.2.3.2	Asymétrique.....	75 ohms
	Affaiblissement d'équilibrage	≥ 40 dB
4.2.4	Distorsion harmonique du signal émis.....	≤ 1% (40 dB)
4.2.5	Distorsion parasite du signal émis	≤ 0,1% (60 dB)
4.2.6	Vitesse de balayage de fréquence	Réglable de 0,2 kHz/s à 10 kHz/s. Six vitesses de balayage au moins doivent être prévues.
4.2.7	On doit monter dans l'émetteur des dispositifs permettant, le cas échéant, avant d'effectuer les mesures, de contrôler les fréquences de mesure et de référence avec une précision de 1 Hz. On peut aussi équiper l'émetteur de sorties appropriées, utilisables avec un fréquencemètre extérieur.	
4.3	<i>Récepteur</i>	
4.3.1	Gamme des niveaux d'entrée	-40 dBm à + 10 dBm
4.3.1.1	Gamme dynamique du récepteur	30 dB

³⁾ Ces valeurs sont provisoires et nécessitent des études ultérieures.

4.3.2	Impédance d'entrée (gamme de 5 kHz à 600 kHz):	
4.3.2.1	Symétrique, isolée de la masse	135 et 150 ohms
	Affaiblissement d'équilibrage	≥ 30 dB
	Rapport d'équilibre des signaux	≥ 40 dB
4.3.2.2	Dissymétrique	75 ohms
	Affaiblissement d'équilibrage	≥ 40 dB
4.3.3	Gammes de mesure de la distorsion du temps de propagation de groupe: de 0 à ± 10, ± 20, ± 50, ± 100, ± 200, ± 500, ± 1000 microsecondes.	
4.3.3.1	Précision des mesures du temps de propagation de groupe conformément aux § 4.1.1 et 4.2.1.	
4.3.4	Gammes de mesure de la distorsion d'affaiblissement: de 0 à ± 2, ± 5, ± 10, ± 20, ± 50 dB ⁴⁾ .	
4.3.4.1	Précision (de +5° C à +50° C)	± 0,1 dB ± 3% de la gamme de mesure
4.3.5	Gamme des mesures du niveau d'entrée à la fréquence de référence	de -20 dBm à + 10 dBm
4.3.5.1	Précision (de +5° C à +40° C)	± 0,25 dB
	(de +5° C à +50° C)	± 1 dB
4.3.6	Des prises à courant continu doivent être prévues pour y brancher un enregistreur à deux coordonnées (X, Y).	
4.3.7	Gamme des mesures de fréquence	de 5 à 60 kHz de 50 à 150 kHz de 150 à 600 kHz
4.3.7.1	Précision des mesures de fréquence	± 2% ± 500 Hz

Remarque 1 – La gamme de mesure est égale à l'intervalle entier de la graduation pour la gamme considérée.

Remarque 2 – Il était proposé ultérieurement d'utiliser une fréquence de référence fixe de 1800 Hz. Comme l'appareil prévu pour les fréquences supérieures sera utilisable dans trois gammes de fréquences principales (6 kHz à 54 kHz, 60 kHz à 108 kHz, 312 kHz à 552 kHz), il y a lieu de prévoir trois fréquences de référence situées respectivement au centre de ces bandes.

Remarque 3 – Le facteur de distorsion de la modulation a pour expression:

$$\frac{\text{puissance efficace des bandes latérales non désirées}}{\text{puissance efficace des bandes latérales utiles}} \times 100\%$$

Remarque 4 – Pour les Administrations qui ont besoin de faire des mesures dans les gammes 60 à 108 kHz et 312 à 552 kHz sans avoir à interrompre le trafic dans les groupes primaires ou secondaires adjacents sur leur section nationale, il conviendrait d'ajouter ce qui suit:

«Pour réduire à un minimum les perturbations que les mesures pourraient subir du fait du trafic écoulé sur des groupes primaires ou secondaires adjacents, le constructeur prévoira un dispositif tel qu'une Administration puisse insérer, dans le trajet du discriminateur de fréquence, un filtre passe-bande d'affaiblissement nul, dont la bande passante soit adaptée à l'essai en cours et dont l'impédance soit de 75, 135 ou 150 ohms.»

Les Administrations sont priées de noter qu'il leur incombe de formuler des instructions nationales donnant les renseignements voulus sur le montage à adopter pour le filtre et l'amplificateur, compte tenu de l'indication donnée par le fournisseur sur les niveaux du signal en ce point.

Bibliographie

COENNING (F.): Progress in the Technique of Group Delay Measurements, *NTZ Communications Journal*, vol. 5, pp. 256-264, 1966.

⁴⁾ Pour la portée de 0 à ± 50 dB, la précision indiquée ne s'applique que dans l'intervalle ± 30 dB (voir le § 4.3.1.1).