



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

CCITT

O.171

COMITÉ CONSULTATIF
INTERNATIONAL
TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE

(10/92)

SPÉCIFICATIONS DES APPAREILS DE MESURE

**APPAREIL DE MESURE
DE LA GIGUE DE RYTHME
POUR SYSTÈMES NUMÉRIQUES**



Recommandation O.171

AVANT-PROPOS

Le CCITT (Comité consultatif international télégraphique et téléphonique) 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.

L'Assemblée plénière du CCITT, qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'étude et approuve les Recommandations rédigées par ses Commissions d'études. Entre les Assemblées plénières, l'approbation des Recommandations par les membres du CCITT s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution n° 2 du CCITT (Melbourne, 1988).

La Recommandation révisée O.171, élaborée par la Commission d'études IV, a été approuvée le 5 octobre 1992 selon la procédure définie dans la Résolution n° 2.

REMARQUE

Dans cette Recommandation, le terme «Administration» désigne indifféremment une administration de télécommunication ou une exploitation privée reconnue.

© UIT 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.

Recommandation O.171

APPAREIL DE MESURE DE LA GIGUE DE RYTHME POUR SYSTÈMES NUMÉRIQUES¹⁾

(Publiée en 1980; révisée en 1984, 1988 et 1992)

Résumé

Définition des caractéristiques d'un appareil de mesure de la gigue de rythme pour les équipements numériques fonctionnant à des débits binaires hiérarchiques compris entre 64 kbit/s et 140 Mbit/s.

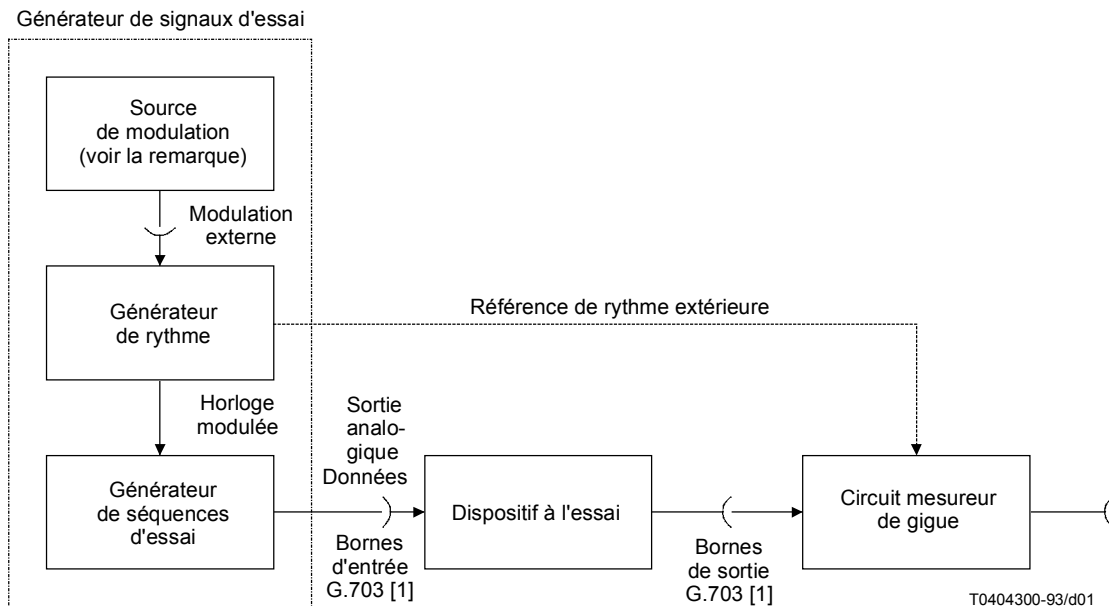
Mot-clés

- appareil de mesure;
- mesure;
- mesure de la gigue.

1 Introduction

1.1 Considérations générales

1.1.1 L'appareil spécifié ci-après sera utilisé pour mesurer la gigue de rythme sur des équipements numériques. Cet appareil, qui se compose d'un circuit mesureur de gigue et d'un générateur de signaux d'essai, est représenté schématiquement dans la figure 1/O.171. La présente Recommandation donne les spécifications de base de l'appareil, mais ne traite pas de la réalisation structurelle; il appartient au concepteur et à l'utilisateur d'étudier attentivement cette réalisation. Certains types de mesures exigent aussi la mise en œuvre d'un dispositif de mesure du taux d'erreur.



Remarque – La source de modulation, servant à vérifier la conformité aux Recommandations de la série G.700, peut être placée à l'intérieur du générateur de rythme et/ou à l'intérieur du générateur de séquences d'essai. Elle peut aussi être montée séparément.

FIGURE 1/O.171

Schéma de principe du montage pour la mesure de la gigue de rythme

¹⁾ Voir le supplément n° 3.8 dans le fascicule IV.1 du *Livre Bleu*.

1.1.2 Certaines clauses de la présente spécification sont provisoires et restent à l'étude. Elles sont indiquées comme telles dans chaque cas.

1.1.3 Il est recommandé de lire la Recommandation G.823 [2] en même temps que la présente Recommandation.

1.2 *Jonctions*

1.2.1 L'appareil doit pouvoir fonctionner à l'un ou plusieurs des débits binaires suivants et aux jonctions correspondantes suivantes telles qu'elles sont définies dans les paragraphes correspondants de la Recommandation G.703 [1]. Cependant, pour tous ces débits binaires, le signal appliqué à l'entrée du circuit mesureur de gigue doit être une impulsion de forme nominale rectangulaire. D'autres formes de signaux risquent de produire des interférences inter symboles qui ont une influence défavorable sur la précision de la mesure:

- a) 64 kbit/s²⁾;
- b) 1544 kbit/s;
- c) 6312 kbit/s;
- d) 2048 kbit/s;
- e) 8448 kbit/s;
- f) 32 064 kbit/s;
- g) 44 736 kbit/s;
- h) 34 368 kbit/s;
- i) 139 264 kbit/s.

1.2.2 A titre facultatif, le circuit mesureur de gigue doit pouvoir mesurer la gigue à un accès de sortie de l'horloge, lorsque cet accès existe sur un équipement numérique.

1.3 *Impédances d'entrée*

1.3.1 L'affaiblissement d'adaptation du circuit mesureur de gigue et de la source de signaux doit être meilleur que 20 dB³⁾ dans les conditions indiquées au tableau I/O.171.

TABLEAU I/O.171

Conditions de mesure pour l'affaiblissement d'adaptation

Débit binaire (kbit/s)	Conditions de mesure	
64	Résistance pure de 120 ohms	3 kHz à 300 kHz
1 544	Résistance pure de 100 ohms	20 kHz à 1,6 MHz
2 048	Résistance pure de 75/120/130 ohms	40 kHz à 2,5 MHz
6 312	Résistance pure de 75/110 ohms	100 kHz à 6,5 MHz
8 448	Résistance pure de 75 ohms	100 kHz à 10 MHz
32 064	Résistance pure de 75 ohms	500 kHz à 40 MHz
34 368	Résistance pure de 75 ohms	500 kHz à 40 MHz
44 736	Résistance pure de 75 ohms	500 kHz à 50 MHz
139 264	Résistance pure de 75 ohms	7 MHz à 210 MHz

²⁾ Les références à 64 kbit/s concernent la jonction codirectionnelle. Les limites pour les autres jonctions à 64 kbit/s sont à l'étude.

³⁾ Pour un débit binaire de 1544 kbit/s, l'affaiblissement d'adaptation de la source de signaux sera: de 20 kHz à 500 kHz \geq 14 dB et de 500 kHz à 1,6 MHz \geq 16 dB.

2 Générateur de signaux d'essai

L'essai des équipements numériques peut se faire avec un signal numérique présentant ou ne présentant pas de la gigue. Pour cette mesure, il faut utiliser le générateur de séquences d'essai, le générateur de rythme et la source de modulation représentés dans la figure 1/O.171.

2.1 Source de modulation

La source de modulation sert à vérifier la conformité aux Recommandations de la série G.700. Elle peut être placée à l'intérieur du générateur de rythme et/ou à l'intérieur du générateur de séquences d'essai, ou être montée séparément. Dans la présente Recommandation, la source de modulation est considérée comme sinusoïdale.

2.2 Générateur de rythme

2.2.1 Il devra être possible de moduler en phase le générateur de rythme à partir de la source de modulation, et d'indiquer l'excursion de phase crête à crête du signal modulé.

La gigue crête à crête produite et les fréquences modulantes doivent satisfaire aux conditions prescrites dans la figure 2/O.171 et le tableau 2/O.171.

2.2.2 La sensibilité du générateur de rythme, à l'entrée de modulation, doit avoir les valeurs minimales suivantes:

- a) 2 volts crête à crête, sur 600 ohms, pour les débits binaires inférieurs ou égaux à 8448 kbit/s;
- b) 1 volt crête à crête, sur 75 ohms, pour les débits binaires inférieurs ou égaux à 139 264 kbit/s.

2.2.3 Le niveau de sortie minimal du signal d'horloge modulé et du signal de référence de rythme externe doit être de 1 volt crête à crête sur 75 ohms.

2.2.4 Précision du générateur de rythme

Les exigences concernant la précision sont encore à l'étude.

2.3 Générateur de séquences d'essai

Le mesureur de gigue sera normalement utilisé avec un générateur de séquences d'essai quelconque, à condition qu'il présente les caractéristiques suivantes.

Remarque – Lorsque les signaux d'essai sont appliqués à l'entrée d'un démultiplexeur numérique, ces signaux doivent contenir le signal de verrouillage de trame et les bits de commande de la justification. Il existe d'autres méthodes de mesure qui ne nécessitent pas l'adjonction du signal de verrouillage de trame ou des bits de commande de la justification.

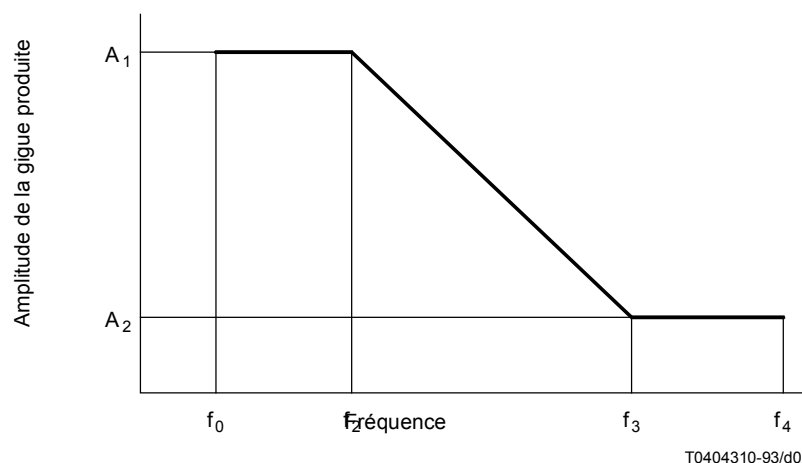


FIGURE 2/O.171

Amplitude de la gigue produite en fonction de la fréquence de la gigue

TABLEAU 2/O.171

Amplitude de la gigue produite en fonction de la fréquence de la gigue

Débit binaire (kbit/s)	A ₁ : valeur minimale de la gigue engendrée de f_0 à f_2	A ₂ : valeur minimale de la gigue engendrée de f_3 à f_4
64	5,0 IU de 2 Hz à 600 Hz	0,5 IU de 6 kHz à 10 kHz
1 544	10,0 IU de 2 Hz à 200 Hz	0,5 IU de 4 kHz à 40 kHz
2 048	10,0 IU de 2 Hz à 2400 Hz	0,5 IU de 45 kHz à 100 kHz
6 312	10,0 IU de 2 Hz à 1600 Hz	0,5 IU de 32 kHz à 160 kHz
8 448	10,0 IU de 2 Hz à 400 Hz	0,5 IU de 8,5 kHz à 400 kHz
32 064	10,0 IU de 2 Hz à 1600 Hz	0,5 IU de 32 kHz à 800 kHz
34 368	10,0 IU de 2 Hz à 1000 Hz	0,5 IU de 20 kHz à 800 kHz
44 736	16,0 IU de 2 Hz à 3200 Hz	0,5 IU de 100 kHz à 4500 kHz
139 264	10,0 IU de 2 Hz à 500 Hz	0,5 IU de 10 kHz à 3500 kHz
8 448 (petites valeurs de Q)	10,0 IU de 2 Hz à 10,7 kHz	0,5 IU de 200 kHz à 400 kHz

Remarque 1 relative à la figure 2/O.171 et au tableau 2/O.171 – L'amplitude de la gigue est spécifiée comme une valeur de crête à crête, en intervalles unitaires (IU).

Remarque 2 relative à la figure 2/O.171 et au tableau 2/O.171 – La fréquence f_1 se trouve entre les fréquences f_0 et f_2 (voir la figure 3/O.171 et le tableau 3/O.171); elle n'est pas définie parce qu'elle n'est pas significative pour les spécifications du générateur de rythme.

2.3.1 Séquences d'essai

Le générateur de séquences d'essai doit pouvoir fournir les séquences d'essai suivantes:

Remarque – Des séquences pseudo-aléatoires plus longues pourront être nécessaires pour les mesures de gigue effectuées sur des systèmes en ligne numérique et des sections de lignes numériques (voir la Recommandation G.703 [1]).

2.3.1.1 Pour utilisation au débit binaire 64 kbit/s, une séquence pseudo-aléatoire d'une longueur égale à $2^{11} - 1$ bits, correspondant à la Recommandation O.152; codage conforme au § 1.2.1 de la Recommandation G.703 [1].

2.3.1.2 Pour utilisation aux débits binaires de 1544 kbit/s, 6312 kbit/s et 44 736 kbit/s, des séquences pseudo-aléatoires d'une longueur égale à $2^{15} - 1$, $2^{20} - 1$ et $2^{23} - 1$ bits, correspondant au § 2 de la Recommandation O.151 [3].

Remarque – La définition de la séquence pseudo-aléatoire $2^{20} - 1$ est à l'étude.

2.3.1.3 Pour utilisation aux débits binaires de 2048 kbit/s, 8448 kbit/s et 32 064 kbit/s, une séquence pseudo-aléatoire d'une longueur égale à $2^{15} - 1$ bits correspondant au § 2 de la Recommandation O.151 [3].

2.3.1.4 Pour utilisation aux débits binaires 34 368 kbit/s et 139 264 kbit/s, une séquence pseudo-aléatoire d'une longueur égale à $2^{23} - 1$ bits, correspondant au § 2 de la Recommandation O.151 [3].

2.3.1.5 Pour utilisation à tous les débits binaires, une séquence répétitive 1000 1000.

2.3.1.6 A titre d'option et pour utilisation à tous les débits binaires:

- a) deux séquences de 8 bits programmables à volonté, que l'on doit pouvoir faire alterner à cadence lente (par exemple, de 10 Hz à 100 Hz);
- b) une séquence de 16 bits programmable à volonté.

2.3.2 Erreurs du générateur

On étudie actuellement la spécification détaillée des caractéristiques du générateur de séquences, aux fins de compatibilité avec la spécification du circuit mesureur de gigue.

3 Circuit mesureur de gigue

3.1 Sensibilité à l'entrée

Le circuit mesureur de gigue doit fonctionner d'une façon satisfaisante lorsque les conditions suivantes existent à l'entrée:

- a) accès de sortie de l'équipement tels que spécifiés dans la Recommandation G.703 [1];
- b) le circuit mesureur de gigue doit aussi pouvoir mesurer aux points d'essai protégés de l'équipement numérique. En conséquence, on introduira un gain additionnel de 30 dB (40 dB) pour compenser l'affaiblissement uniforme aux points de contrôle qui sont déjà ménagés sur certains équipements.

Remarque 1 – A titre d'option, le gain additionnel, lorsqu'il est introduit, doit être de 40 dB pour un appareil qui fonctionne à une jonction de 1544 kbit/s.

Remarque 2 – On étudie actuellement l'influence, sur la précision de mesure du gain additionnel de 40 dB et de l'affaiblissement du câble en fonction de la fréquence.

3.2 Plages de mesure

3.2.1 Le circuit mesureur de gigue doit pouvoir mesurer la gigue crête à crête. Les plages de mesure à prévoir sont facultatives mais, pour des raisons de compatibilité, la réponse d'amplitude en fonction de la fréquence de ce circuit doit être conforme aux conditions de la figure 3/O.171 et du tableau 3/O.171, dans lesquels f_1 à f_4 sont les fréquences définissant les fréquences de gigue à mesurer.

3.2.2 Pour les mesures de la gigue crête à crête, on doit pouvoir en outre compter le nombre de dépassements d'un seuil de gigue donné (que l'on peut choisir) et la durée de ces dépassements. On doit pouvoir enregistrer ces valeurs à l'aide d'un compteur extérieur à l'appareil de mesure ou d'un compteur intérieur dont il est muni à titre facultatif.

3.2.3 On doit pouvoir fixer le seuil dont il est question au § 3.2.2 à toute valeur comprise dans la plage de mesure du circuit mesureur de gigue.

3.2.4 A titre facultatif, le circuit mesureur de gigue pourra mesurer une gigue quadratique moyenne. Dans ce cas, il sera possible de mesurer 3,0 intervalles unitaires (IU) sur des fréquences de gigue allant jusqu'à f_2 , et 0,15 IU sur les fréquences de gigue comprises entre f_3 et f_4 (voir la figure 3/O.171 et le tableau 3/O.171). Les plages de mesure à prévoir sont facultatives.

3.2.5 Lorsque l'option du § 3.2.4 n'est pas prévue, la sortie analogique peut être utilisée pour des mesures de valeurs quadratiques moyennes, en utilisant un appareil extérieur.

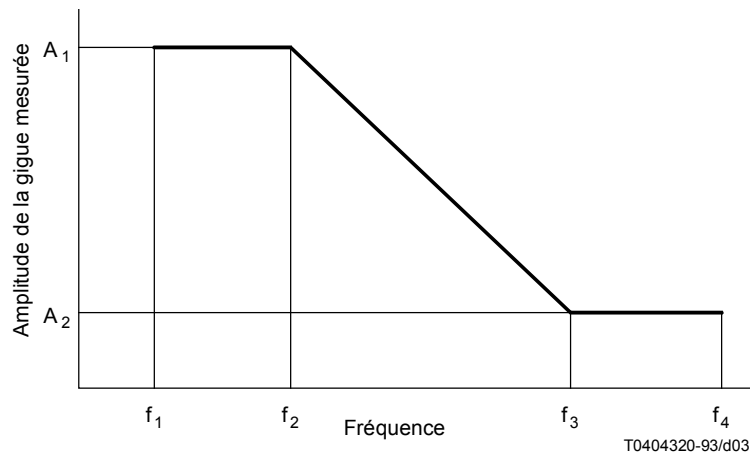


FIGURE 3/O.171
Amplitude de la gigue mesurée en fonction de la fréquence

TABLEAU 3/O.171

Amplitude de la gigue mesurée en fonction de la fréquence de la gigue

Débit binaire (kbit/s)	A ₁ : valeur minimale de la gigue à mesurer de f_1 à f_2	A ₂ : valeur minimale de la gigue à mesurer de f_3 à f_4
64	5,0 IU de 20 Hz à 600 Hz	0,5 IU de 6 kHz à 10 kHz
1 544	10,0 IU de 10 Hz à 200 Hz	0,3 IU de 7 kHz à 40 kHz
2 048	10,0 IU de 20 Hz à 2400 Hz	0,5 IU de 45 kHz à 100 kHz
6 312	10,0 IU de 10 Hz à 1600 Hz	0,5 IU de 32 kHz à 160 kHz
8 448	10,0 IU de 20 Hz à 400 Hz	0,5 IU de 8,5 kHz à 400 kHz
32 064	10,0 IU de 60 Hz à 1600 Hz	0,5 IU de 32 kHz à 800 kHz
34 368	10,0 IU de 100 Hz à 1000 Hz	0,5 IU de 20 kHz à 800 kHz
44 736	16,0 IU de 10 Hz à 3200 Hz	0,5 IU de 100 kHz à 4500 kHz
139 264	10,0 IU de 200 Hz à 500 Hz	0,5 IU de 10 kHz à 3500 kHz
8 448 (petites valeurs de Q)	10,0 IU de 20 Hz à 10,7 kHz	0,5 IU de 200 kHz à 400 kHz

Remarque relative à la figure 3/O.171 et au tableau 3/O.171 – L'amplitude de la gigue est spécifiée comme une valeur de crête à crête, en intervalles unitaires (IU).

3.3 Largeurs de bande de mesure

3.3.1 Le circuit mesureur de gigue, dans sa forme fondamentale, doit comporter des filtres dont la fonction est de limiter la bande des fréquences de gigue à mesurer aux différents débits binaires. Des filtres supplémentaires seront prévus pour limiter davantage encore la largeur de bande dans la mesure de certains spectres de gigue (définis dans les Recommandations de la série G.700), et pour d'autres usages. Ces filtres supplémentaires peuvent être montés à l'intérieur ou à l'extérieur du circuit mesureur de gigue. Ils doivent être branchés entre le détecteur de phase et le dispositif de mesure. La largeur de bande du circuit mesureur de gigue et les caractéristiques des filtres doivent répondre aux spécifications indiquées dans le tableau 4/O.171.

TABLEAU 4/O.171

Largeurs de bande pour la mesure de la gigue et fréquences de coupure des filtres passe-haut

Débit binaire (kbit/s)	Largeurs de bande de mesure de la gigue				Point à 3 dB des filtres supplémentaires	
	f_0 (point à 3 dB inférieur) (Hz)	f_1 (Hz)	f_4 (kHz)	f_5 (point à 3 dB supérieur) (kHz)	Filtre passe-haut n° 1	Filtre passe-haut n° 2
64	2	20	10	≤ 20	20 Hz	3 kHz
1 544	2	10	40	≤ 80	10 Hz	8 kHz
2 048	2	20	100	≤ 200	20 Hz	700 Hz 18 kHz
6 312	2	10	160	≤ 320	10 Hz 60 Hz	24 kHz 32 kHz
8 448	2	20	400	≤ 800	20 Hz	3 kHz 80 kHz
32 064	2	60	800	≤ 1600	60 Hz	160 kHz
34 368	2	100	800	≤ 1600	100 Hz	10 kHz
44 736	2	10	4500	≤ 9000	10 Hz	900 kHz
139 264	2	200	3500	≤ 7000	200 Hz	10 kHz

Remarque 1 – La précision de l'appareil est spécifiée entre les fréquences f_1 et f_4 .

Remarque 2 – Deux valeurs sont spécifiées pour le filtre passe-haut n° 1 à 6312 kbit/s, et pour le filtre passe-haut n° 2 à 2048 kbit/s, 6312 kbit/s et 8448 kbit/s.

3.3.2 Réponse en fréquence du circuit mesureur de gigue et des filtres

La réponse de tous les filtres à l'intérieur de leur bande passante doit être telle que les conditions de précision du circuit mesureur de gigue soient satisfaites.

Au-dessous de la fréquence basse du point à 3 dB, l'affaiblissement dû au filtrage passe-haut doit être plus grand ou égal à 20 dB par décade.

Au-dessus de la fréquence haute du point à 3 dB, l'affaiblissement dû au filtrage passe-bas doit être plus grand ou égal à 60 dB par décade.

Toutefois, l'affaiblissement maximal des filtres doit être d'au moins 60 dB.

Remarque – L'influence d'une gigue non sinusoïdale sur les spécifications des filtres est encore à l'étude.

3.4 Précision de la mesure

3.4.1 Considérations générales

La précision de mesure du circuit mesureur de gigue dépend de plusieurs facteurs, par exemple: erreur intrinsèque fixe, réponse en fréquence et erreur des circuits fournissant la référence de rythme interne (cette erreur dépend de la séquence d'essai). A cela s'ajoute une erreur qui est introduite par la lecture elle-même.

L'erreur totale pour une fréquence de gigue de 1 kHz (compte non tenu de l'erreur due à la réponse en fréquence) doit être inférieure à:

$$\pm 5\% \text{ de la valeur lue } \pm X \pm Y,$$

X étant l'erreur fixe donnée par le tableau 5/O.171, et Y une erreur de 0,01 IU de crête à crête (valeur quadratique moyenne: 0,002 IU) qui intervient lorsqu'on opère avec extraction du rythme interne.

3.4.2 Erreur fixe

Pour les débits binaires du système et les séquences d'essai indiquées, l'erreur fixe du circuit mesureur de gigue doit être conforme aux indications du tableau 5/O.171, lorsqu'elle est mesurée à toute fréquence de gigue comprise entre les fréquences f_1 et f_4 de la figure 3/O.171.

TABLEAU 5/O.171

Erreur fixe dans les mesures de gigue

Débit binaire (kbit/s)	Valeurs de la gigue en IU pour des séquences données					
	1000 1000		Pseudo-aléatoire ^{a)}		Eléments binaires 1 seulement (Entrée de l'horloge)	
	de crête à crête	Moyenne quadratique	de crête à crête	Moyenne quadratique	de crête à crête	Moyenne quadratique
64	0,005	0,002	0,025	0,004	0,004	0,001
1 544	< 0,005	< 0,002	< 0,025	< 0,004	< 0,004	< 0,001
2 048	< 0,005	< 0,002	< 0,025	< 0,004	< 0,004	< 0,001
6 312	< 0,005	< 0,002	< 0,025	< 0,004	< 0,004	< 0,001
8 448	< 0,005	< 0,002	< 0,025	< 0,004	< 0,004	< 0,001
32 064	à l'étude					
34 368	< 0,025	< 0,01	< 0,055	< 0,015	< 0,02	< 0,01
44 736	à l'étude					
139 264	< 0,03	< 0,015	< 0,085	< 0,02	< 0,025	< 0,015

a) Voir le § 2.3.1.

3.4.3 Valeur de l'erreur sur d'autres fréquences

Pour les fréquences de gigue comprises entre f_1 et f_4 , et autres que 1 kHz, on a une erreur qui s'ajoute à celle qui a été définie au § 3.4.1; cette erreur doit être conforme aux valeurs données dans le tableau 6/O.171.

Remarque – Les limites indiquées au § 3.4 pour la précision du circuit mesureur de gigue sont provisoires; elles sont encore à l'étude.

TABLEAU 6/O.171

Erreur imputable à la réponse en fréquence

Débit binaire (kbit/s)	Largeur de bande de mesure		Erreur additionnelle, par rapport à l'erreur à 1 kHz
	f_1 (Hz)	f_4 (kHz)	
64	20	10	± 2% de 20 Hz à 600 Hz ± 3% de 600 Hz à 10 kHz
1 544	10	40	± 4% de f_1 à 1 kHz; ± 2% jusqu'à f_4
2 048	20	100	± 2% de f_1 à f_4
6 312	10	160	± 4% de f_1 à 1 kHz; ± 2% jusqu'à f_4
8 448	20	400	± 2% de f_1 à 300 kHz ± 3% de 300 Hz à f_4
32 064	60	800	± 2% de 60 Hz à 300 kHz
34 368	100	800	± 3% de 300 kHz à f_4
44 736	10	4500	± 4% de 10 Hz à 200 Hz ± 2% de 200 Hz à 300 kHz ± 3% de 300 kHz à 1 MHz
139 264	200	3500	± 5% de 1 MHz à 3 MHz ± 10% au-dessus 3 MHz

Remarque – Les valeurs de précision requises dans ce tableau peuvent être respectées si l'on utilise des séquences d'essai périodiques contenant peu de zéros ou de signaux de rythme pour mesurer la gigue. En cas d'utilisation de séquences pseudo-aléatoires ou aléatoires, il faut s'attendre à des erreurs de mesure plus importantes.

3.5 Facilités supplémentaires

3.5.1 Sortie analogique

Le circuit mesureur de gigue doit fournir un signal de sortie analogique permettant de faire des mesures à l'extérieur de ce circuit.

3.5.2 Signal de rythme de référence

Il faut prévoir un signal de rythme de référence pour le détecteur de phase. Pour les mesures de bout en bout, ce signal peut être fourni, dans le circuit mesureur de gigue, à partir de n'importe quelle séquence d'entrée. Pour les mesures en boucle, il peut être fourni par une horloge appropriée.

4 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 [4].

Références

- [1] Recommandation G.703 du CCITT *Caractéristiques physiques et électriques des jonctions.*
- [2] Recommandation G.823 du CCITT *Régulation de la gigue et du dérapage dans les réseaux numériques fondés sur la hiérarchie de 2048 kbit/s.*
- [3] Recommandation O.151 du CCITT *Appareil pour la mesure du taux d'erreur fonctionnant au débit primaire et au-dessus.*
- [4] Recommandation O.3 du CCITT *Conditions climatiques et essais correspondants applicables aux appareils de mesure.*

