



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

O.171

(04/97)

SÉRIE O: SPÉCIFICATIONS DES APPAREILS DE
MESURE

Appareils de mesure des paramètres numériques et
analogiques/numériques

**Appareil de mesure de la gigue et du dérapage
de rythme dans les systèmes numériques à
hiérarchie numérique plésiochrone**

Recommandation UIT-T O.171

(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.171

APPAREIL DE MESURE DE LA GIGUE ET DU DERAPAGE DE RYTHME DANS LES SYSTEMES NUMERIQUES A HIERARCHIE NUMERIQUE PLESIOCHRONE

Résumé

Les prescriptions relatives aux caractéristiques des appareils de mesure de la gigue et du dérapage, décrites ci-après, doivent être respectées pour des raisons de compatibilité entre les équipements proposés par les différents fabricants.

Ces prescriptions concernent uniquement l'appareil et non sa réalisation structurelle; il appartient aux concepteurs et aux utilisateurs d'étudier attentivement cette réalisation. Il n'est pas indispensable de réunir dans un seul appareil l'ensemble des caractéristiques ci-après et les utilisateurs peuvent sélectionner les fonctions qui correspondent le mieux à leurs applications.

Source

La Recommandation UIT-T O.171, révisée par la Commission d'études 4 de l'UIT-T (1997-2000), a été approuvée le 19 avril 1997 selon la procédure définie dans la Résolution n° 1 de la CMNT.

Mots clés

Fonction de transfert de gigue, gigue à l'entrée acceptable, gigue de sortie, mesure du dérapage, mesure de la gigue, production de dérapage, production de gigue.

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 de la technologie 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, l'expression "Administration" est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une administration de télécommunications qu'une exploitation reconnue.

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 avait/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 1997

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

		Page
1	Domaine d'application.....	1
2	Références.....	1
2.1	Références normatives.....	1
2.2	Références bibliographiques.....	2
3	Définitions.....	2
4	Abréviations.....	2
5	Schéma de principe.....	3
6	Interfaces.....	3
6.1	Interfaces électriques.....	3
6.2	Impédances d'entrée.....	4
7	Générateur de signaux d'essai.....	4
7.1	Source de modulation.....	4
7.2	Générateur de rythme.....	5
	7.2.1 Précision du générateur de rythme.....	6
7.3	Générateur de séquences d'essai.....	6
	7.3.1 Séquences d'essai.....	6
	7.3.2 Erreurs du générateur.....	6
8	Circuit mesureur de gigue.....	6
8.1	Sensibilité à l'entrée des interfaces électriques.....	6
8.2	Plages de mesure de la gigue.....	7
	8.2.1 Mesure de la gigue crête à crête.....	7
	8.2.2 Seuil sélectionnable.....	8
	8.2.3 Mesure de la gigue quadratique moyenne.....	8
8.3	Largeurs de bande de mesure.....	8
	8.3.1 Réponse en fréquence du circuit mesureur de gigue et des filtres.....	8
8.4	Précision des mesures.....	9
	8.4.1 Généralités.....	9
	8.4.2 Erreur fixe.....	9
	8.4.3 Valeur de l'erreur à d'autres fréquences.....	9
	8.4.4 Erreur dépendant de la séquence d'essai.....	10
	8.4.5 Forme de l'impulsion au point d'accès pour la mesure.....	11
8.5	Moyens supplémentaires.....	11
	8.5.1 Sortie analogique.....	11
	8.5.2 Signal de rythme de référence.....	11

9	Conditions de fonctionnement	11
	Appendice I – Directives concernant la mesure de la gigue	11
I.1	Définitions et causes de la gigue.....	11
I.2	Conditions générales des essais	13
	I.2.1 Séquences d'essai commandées.....	14
	I.2.2 Débit	14
	I.2.3 Forme d'impulsion et caractéristiques des câbles.....	14
	I.2.4 Paramètres secondaires des conditions générales d'essai	14
I.3	Glossaire des blocs fonctionnels constitutifs des configurations d'essai	15
I.4	Mesure de la tolérance de gigue.....	16
	I.4.1 Tolérance réelle	16
	I.4.2 Conformité au gabarit de tolérance de gigue.....	19
I.5	Mesure de la caractéristique de transfert de gigue.....	20
	I.5.1 Processus linéaires	20
I.6	Mesure de la gigue de sortie	24
	I.6.1 Trafic réel.....	24
	I.6.2 Séquences d'essai commandées.....	25
	Appendice II – Directives concernant la mesure du dérapage.....	25
II.1	Mesure du dérapage	26
	II.1.1 Configurations de mesure du dérapage – Généralités	26
	II.1.2 Mesure synchronisée.....	26
	II.1.3 Mesure non synchronisée.....	26
II.2	Mesure de la stabilité de l'horloge	27
II.3	Grandeurs à mesurer	27
	II.3.1 Écart temporel.....	27
	II.3.2 Erreur maximale sur l'intervalle temporel	28
	II.3.3 Ecart d'Allan	28
II.4	Référence externe.....	28

Recommandation O.171

APPAREIL DE MESURE DE LA GIGUE ET DU DERAPAGE DE RYTHME DANS LES SYSTEMES NUMERIQUES A HIERARCHIE NUMERIQUE PLESIOCHRONE

(Genève, 1980; modifiée à Malaga-Torremolinos, 1984,
à Melbourne, 1988; révisée en 1997)

1 Domaine d'application

L'appareil spécifié dans la présente Recommandation sera utilisé pour mesurer la gigue et le dérapage de rythme dans les systèmes numériques fondés sur la hiérarchie numérique plésiochrone (PDH). Il est constitué d'un circuit mesureur de gigue et d'un générateur de signaux d'essai. Les mesures peuvent être faites au niveau de la couche Physique du système PDH. Certains types de mesure nécessitent aussi l'emploi d'un appareil de mesure du taux d'erreur.

L'appareil de mesure de la gigue et du dérapage dans les systèmes numériques fondés sur la hiérarchie numérique synchrone (SDH) est spécifié dans une autre Recommandation de la série O.

Il est conseillé, en consultant la présente Recommandation, de se référer aux Recommandations G.823 [7] et G.824 [8].

2 Références

2.1 Références normatives

La présente Recommandation se réfère à certaines dispositions des Recommandations UIT-T et textes suivants qui de ce fait en sont partie intégrante. Les versions indiquées étaient en vigueur au moment de la publication de la présente Recommandation. Toute Recommandation ou texte étant sujet à révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à se reporter, si possible, aux versions les plus récentes des références normatives suivantes. La liste des Recommandations de l'UIT-T en vigueur est régulièrement publiée.

- [1] Recommandation UIT-T G.701 (1993), *Vocabulaire relatif à la modulation par impulsions et codage (MIC), au multiplexage et à la transmission numériques.*
- [2] Recommandation G.703 du CCITT (1991), *Caractéristiques physiques et électriques des jonctions.*
- [3] Recommandation UIT-T G.772 (1993), *Points de contrôle protégés dans les systèmes de transmission numérique.*
- [4] Recommandation UIT-T G.810 (1996), *Définitions et terminologie des réseaux de synchronisation.*
- [5] Recommandation G.811 du CCITT (1988), *Conditions sur le rythme de sortie des horloges de référence primaires destinées à l'exploitation en mode plésiochrone de liaisons numériques internationales.*
- [6] Recommandation G.812 du CCITT (1998), *Conditions sur le rythme de sortie des horloges asservies destinées à l'exploitation en mode plésiochrone de liaisons numériques internationales.*

- [7] Recommandation UIT-T G.823 (1993), *Régulation de la gigue et du dérapage dans les réseaux numériques fondés sur la hiérarchie à 2048 kbit/s.*
- [8] Recommandation UIT-T G.824 (1993), *Régulation de la gigue et du dérapage dans les réseaux numériques fondés sur la hiérarchie à 1544 kbit/s.*
- [9] Recommandation O.3 du CCITT (1992), *Conditions climatiques et essais correspondants applicables aux appareils de mesure.*
- [10] Recommandation UIT-T O.150 (1996), *Prescriptions générales relatives aux appareils de mesure des caractéristiques de fonctionnement des équipements de transmission numérique.*

2.2 Références bibliographiques

- [11] Norme T1.102 de l'ANSI 1993, *Digital hierarchy – Electrical interfaces (hiérarchie numérique – interfaces électriques).*
- [12] HUCKETT (P.): Performance Evaluation in an ISDN – Digital Transmission Impairments, (Evaluation des performances sur un RNIS – Dégradations de la transmission numérique) *Radio and Electronic Engineer*, Vol. 54, n° 2, février 1984.
- [13] TRISCHITTA (P.R.): Jitter Accumulation in Fibre Optic Systems (accumulation de gigue dans les systèmes à fibres optiques), *Rutgers*, The State University of New Jersey, mai 1986.
- [14] TRISCHITTA (P.R.), SANUTTI (P.): The Jitter Tolerance of Fibre Optic Regenerators (tolérance de gigue des régénérateurs optiques), *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 35, n° 12, décembre 1987.

3 Définitions

La présente Recommandation définit les termes suivantes: (voir la Recommandation G.810 [4]):

3.1 gigue (de rythme): variations à court terme des instants significatifs d'un signal numérique par rapport aux positions qu'ils devraient occuper théoriquement dans le temps (l'expression à court terme signifie que ces variations sont de fréquence supérieure ou égale à 10 Hz).

3.2 dérapage: variations à long terme des instants significatifs d'un signal numérique par rapport aux positions qu'ils devraient occuper théoriquement dans le temps (l'expression à long terme signifie que ces variations sont de fréquence inférieure à 10 Hz).

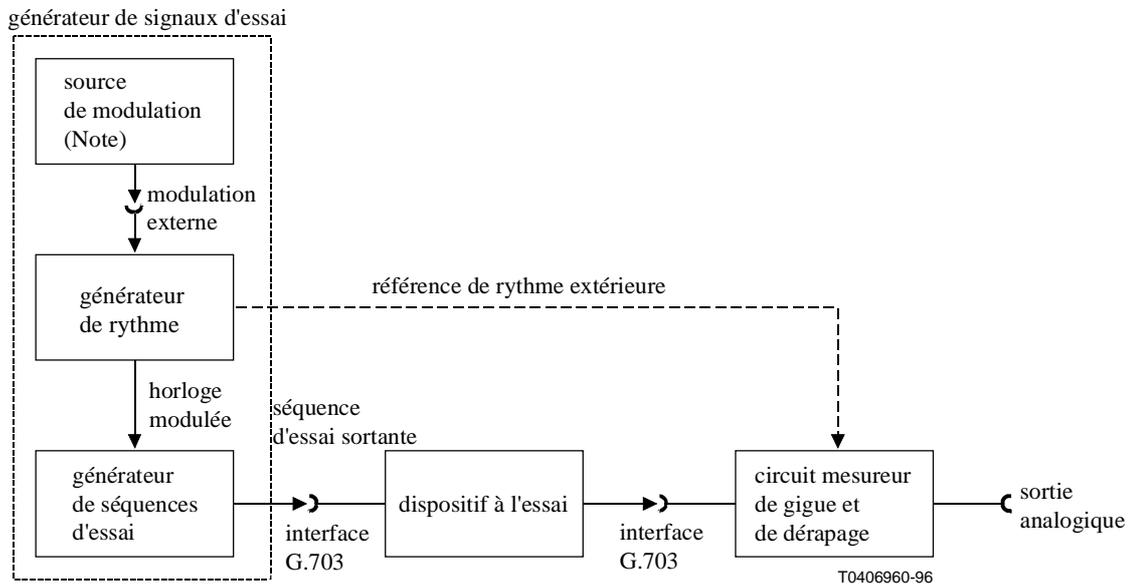
4 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

AMI	signaux bipolaires alternés (<i>alternate mark inversion</i>)
MTIE	erreur maximale d'intervalle temporel (<i>maximum time interval error</i>)
NRZ	sans retour à zéro (<i>non return to zero</i>)
PDH	hiérarchie numérique plésiochrone (<i>plesiochronous digital hierarchy</i>)
SDH	hiérarchie numérique synchrone (<i>synchronous digital hierarchy</i>)
TDEV	écart temporel (<i>time deviation</i>)
TIE	dérive d'intervalle temporel (<i>time interval error</i>)
UI	intervalle unitaire (<i>unit interval</i>)

5 Schéma de principe

La Figure 1 montre le schéma de principe de l'instrumentation générale. Elle ne décrit pas une mise en œuvre spécifique.



NOTE – La source de modulation, servant à vérifier la conformité aux Recommandations de la série G, peut être placée à l'intérieur du générateur de rythme 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 du rythme et du dérapage

6 Interfaces

6.1 Interfaces électriques

L'appareil doit pouvoir fonctionner à un ou à plusieurs des débits suivants, compte tenu des caractéristiques des interfaces correspondantes, définies dans la Recommandation G.703 [2]. Cependant, pour tous ces débits, le signal appliqué à l'entrée du circuit mesureur de gigue doit être une impulsion de forme nominale rectangulaire. D'autres formes risquent de produire du brouillage entre symboles qui, ne pouvant être corrigé par simple compensation, diminue la précision de la mesure:

- | | |
|----------------------------|--------------------|
| a) 64 kbit/s; ¹ | f) 32 064 kbit/s; |
| b) 1 544 kbit/s; | g) 44 736 kbit/s; |
| c) 6 312 kbit/s; | h) 34 368 kbit/s; |
| d) 2 048 kbit/s; | i) 139 264 kbit/s. |
| e) 8 448 kbit/s; | |

A titre facultatif, le circuit mesureur doit pouvoir mesurer la gigue à un accès de sortie de l'horloge si l'équipement numérique est pourvu d'un tel accès.

¹ Les références à 64 kbit/s concernent l'interface codirectionnelle.

6.2 Impédances d'entrée

L'affaiblissement d'adaptation du circuit mesureur de gigue et de la source de signaux doit être conforme aux valeurs et aux conditions indiquées au Tableau 1².

Tableau 1/O.171 – Conditions de mesure de l'affaiblissement d'adaptation

Débit (kbit/s)	Affaiblissement d'adaptation (dB)	Conditions de mesure	
64	≥ 12 ≥ 18 ≥ 14	résistance pure de 120 Ω	3 kHz à 6,4 kHz 6,4 à 128 kHz 128 à 192 kHz
1 544	≥ 20	résistance pure de 100 Ω	20 kHz à 1,6 MHz
2 048	≥ 12 ≥ 18 ≥ 14	résistance pure de 75/120/130 Ω	51 à 102 kHz 102 à 2 048 kHz 2 048 à 3 072 kHz
6 312	≥ 20	résistance pure de 75/110 Ω	100 kHz à 6,5 MHz
8 448	≥ 12 ≥ 18 ≥ 14	résistance pure de 75 Ω	211 à 422 kHz 422 à 8 448 kHz 8 448 à 12 672 kHz
32 064	≥ 20	résistance pure de 75 Ω	500 kHz à 40 MHz
34 368	≥ 12 ≥ 18 ≥ 14	résistance pure de 75 Ω	860 à 172 040 kHz 1 720 à 34 368 kHz 34 368 à 51 550 kHz
44 736	≥ 20	résistance pure de 75 Ω	500 kHz à 50 MHz
139 264	≥ 15	résistance pure de 75 Ω	7 MHz à 210 MHz

7 Générateur de signaux d'essai

L'essai des équipements numériques peut être fait avec un signal numérique présentant ou ne présentant pas de la gigue. Pour cet essai, il faudra utiliser le générateur de séquences d'essai, le générateur de trame, le générateur de rythme et la source de modulation montrés à la Figure 1.

7.1 Source de modulation

La source de modulation nécessaire pour faire les essais conformément aux Recommandations qui s'appliquent peut être placée à l'intérieur du générateur de rythme et du générateur de séquences d'essai, ou être montée séparément. Dans la présente Recommandation, la source de modulation est considérée comme sinusoïdale. Cependant, certains essais nécessitent des stimuli aléatoires, mais les détails de ceux-ci doivent encore être étudiés.

² Pour un débit de 1544 kbit/s, l'affaiblissement d'adaptation de la source de signaux doit être égal ou supérieur à 14 dB de 20 kHz à 500 kHz et égal ou supérieur à 16 dB de 500 kHz à 1,6 MHz.

7.2 Générateur de rythme

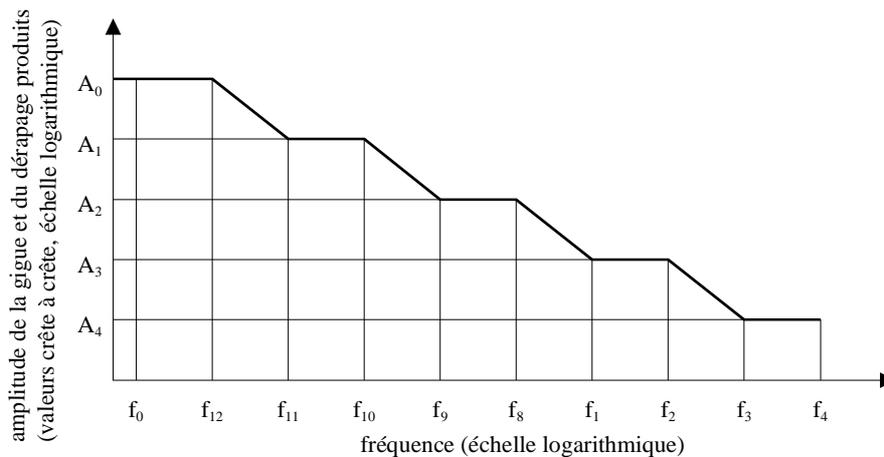
Il devra être possible de moduler en phase le générateur de rythme à partir de la source de modulation et d'indiquer l'excursion de phase crête à crête du signal modulé.

La gigue crête à crête produite et les fréquences modulantes doivent satisfaire aux conditions prescrites dans la Figure 2 et dans le Tableau 2.

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

1 volt crête à crête, sur 75 Ω, pour les débits inférieurs ou égaux à 139 264 kbit/s.

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 Ω.



T0406970-96

Figure 2/O.171 – Amplitude de la gigue produite en fonction de la fréquence de la gigue

Tableau 2/O.171 – Amplitude minimale de gigue réglable produite en fonction de la fréquence de gigue

Débit (kbit/s)	A ₀ A ₁ A ₂ A ₃ A ₄					f ₀ f ₁₂ f ₁₁ f ₁₀ f ₉ f ₈ f ₁ f ₂ f ₃ f ₄										
	en intervalles unitaires					en Hz										
64			^{a)}	5	0,5				^{a)}	^{a)}	^{a)}	2	600	6 k	20 k	
1 544				10	0,5							2	400	8 k	40 k	
2 048	40		20	10	0,5	12 μ				5	10	900	18 k	100 k		
6 312				10	0,5						2	1 600	32 k	60 k		
8 448	200		20	10	0,5	12 μ		^{a)}	^{a)}	10	20	400	8,5 k	400 k		
32 064				10	0,5						2	1 600	32 k	400 k		
34 368	1 000		20	10	0,5	^{a)}		^{a)}	^{a)}	50	100	1 000	20 k	800 k		
44 736				10	0,5						2	5 000	100 k	400 k		
139 264	3 000		20	10	0,5	^{a)}		^{a)}	^{a)}	50	100	500	10 k	3 500 k		

^{a)} Ces valeurs sont actuellement étudiées dans le cadre de la Recommandation G.823.

NOTE relative à la Figure 2 et au Tableau 2 – Les amplitudes de gigue sont spécifiées comme des valeurs crête à crête en intervalles unitaires (UI). Ces valeurs sont fondées sur le Tableau 2/G.823 et sur la Figure 3/G.823 dans le cas de la hiérarchie à 2048 kbit/s et sur le Tableau 2/G.824 et sur la Figure 3/G.824 dans le cas de la hiérarchie à 1544 kbit/s.

7.2.1 Précision du générateur de rythme

L'écart du signal d'horloge interne par rapport à la valeur nominale doit être inférieur à 10^{-5} .

Facultativement, le générateur de rythme peut fournir une excursion de fréquence de grandeur suffisante pour permettre les essais sur toute la plage de tolérance de l'horloge de l'équipement, par exemple de 10×10^{-6} à 100×10^{-6} , définie dans la Recommandation G.703 [2] pour les différents débits.

7.3 Générateur de séquences d'essai

Le circuit de mesure de la gigue est normalement utilisé avec un générateur de séquences d'essai approprié assurant les fonctions ci-après.

NOTE – Lorsque des signaux d'essai sont appliqués à l'entrée d'un démultiplexeur numérique, ces signaux doivent contenir le signal de verrouillage de trame et, pour certaines mesures, des bits de commande de la justification.

7.3.1 Séquences d'essai

Le générateur de séquences d'essai aura la capacité de produire les signaux suivants:

NOTE – Des séquences d'essais pseudo-aléatoires plus longues sont parfois nécessaires pour mesurer la gigue sur des systèmes et des sections de ligne numériques (voir l'Annexe A/G.823 [7]).

Pour le débit de 64 kbit/s, il faut une séquence d'essai pseudo-aléatoire d'une longueur de $2^{11} - 1$ bits, conforme au 5.2/O.150 [10]; le codage doit être conforme au 1.2.1/G.703 [2].

Pour les débits de 2048 kbit/s, 6312 kbit/s, 8448 kbit/s, 32 064 kbit/s et 44 736 kbit/s, il faut une séquence d'essai pseudo-aléatoire d'une longueur de $2^{15} - 1$ bits conforme au 5.3/O.150 [10].

Pour les débits de 1544 kbit/s, 6312 kbit/s, 32 064 kbit/s et 44 736 kbit/s, il faut une séquence d'essai pseudo-aléatoire d'une longueur de $2^{20} - 1$ bits conforme au 5.5/O.150 [10].

Pour les débits de 34 368 kbit/s et 139 264 kbit/s, il faut une séquence d'essai pseudo-aléatoire d'une longueur de $2^{23} - 1$ bits conforme au 5.6/O.150 [10].

Pour tous les débits de la hiérarchie PDH, il faut une séquence d'essai répétitive 1000 1000.

Facultativement, pour tous les débits de la hiérarchie PDH, on peut utiliser:

- a) deux séquences de 8 bits, programmables à volonté, qui doivent pouvoir être alternées à cadence lente (par exemple de 10 Hz à 100 Hz);
- b) une séquence de 16 bits programmable à volonté.

7.3.2 Erreurs du générateur

La source de signaux d'essai sera compatible avec le circuit de mesure de la gigue de telle manière que la précision de mesure globale ne soit pas notablement dégradée. On peut augmenter la précision de mesure en mesurant la gigue appliquée à l'unité soumise à l'essai, au moyen du circuit mesureur de gigue décrit ci-dessous.

8 Circuit mesureur de gigue

8.1 Sensibilité à l'entrée des interfaces électriques

Le circuit mesureur de gigue doit fonctionner de manière satisfaisante dans les conditions d'entrée suivantes:

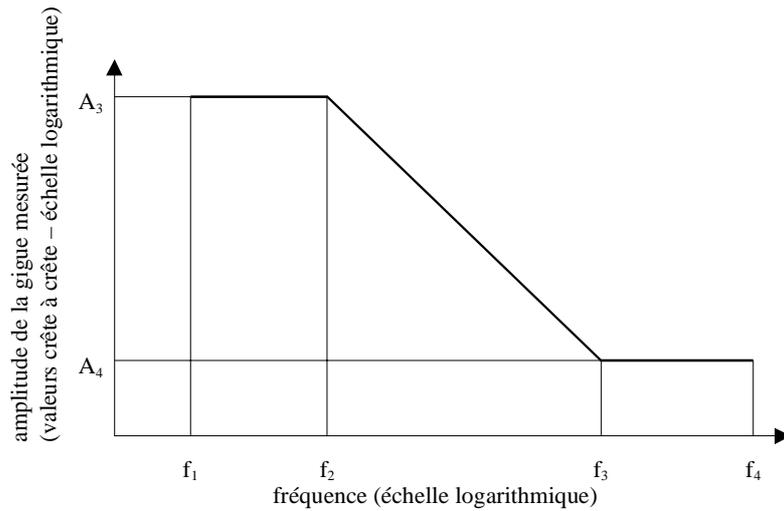
- a) accès de sortie de l'équipement tels que spécifiés dans la Recommandation G.703 [2];

- b) circuit mesureur de gigue ayant aussi la capacité de faire des mesures aux points d'essai protégés qui sont définis dans la Recommandation G.772 [3].

8.2 Plages de mesure de la gigue

8.2.1 Mesure de la gigue crête à crête

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 du circuit mesureur doit être conforme aux conditions de la Figure 3 et du Tableau 3, dans lesquels f_1 à f_4 sont les fréquences définissant les fréquences de gigue à mesurer.



T0406980-96

Figure 3/O.171 – Amplitude de la gigue mesurée en fonction de sa fréquence

Tableau 3/O.171 – Amplitude minimale de la gigue mesurée en fonction de sa fréquence

Débit (kbit/s)	A_3 A_4 en intervalles unitaires		f_1	f_2	f_3 f_4 en Hz	
64	5	0,5	20	600	6 k	20 k
1 544	10	0,5	10	400	8 k	40 k
2 048	10	0,5	20	900	18 k	100 k
6 312	10	0,5	10	1 600	32 k	60 k
8 448	10	0,5	20	400	8,5 k	400 k
32 064	10	0,5	10	1 600	32 k	400 k
34 368	10	0,5	100	1 000	20 k	800 k
44 736	10	0,5	10	5 000	100 k	400 k
139 264	10	0,5	200	500	10 k	3 500 k

8.2.2 Seuil sélectionnable

Pour la mesure de la gigue crête à crête, on doit pouvoir en outre compter le nombre de dépassements d'un seuil de gigue donné 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 l'appareil est muni à titre facultatif.

On doit pouvoir fixer le seuil à toute valeur comprise dans la plage de mesure du circuit mesureur de gigue.

8.2.3 Mesure de la gigue quadratique moyenne

La mesure de la gigue quadratique moyenne peut être faite sur la sortie analogique mentionnée au 8.5.1.

8.3 Largeurs de bande de mesure

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. 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, 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 et les caractéristiques des filtres doivent répondre aux spécifications indiquées dans le Tableau 4.

8.3.1 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 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 supérieur ou égal à 60 dB par décade. Toutefois, l'affaiblissement maximal des filtres doit être d'au moins 60 dB. Ces prescriptions de filtrage sont conformes à celles de la Recommandation G.823 [7]. Pour certains débits (1544, 6312, 32 064 et 44 736 kbit/s) l'affaiblissement dû au filtrage passe-bas au-dessus du point -3 dB supérieur s'élèvera d'une valeur de 20 dB par décade. Ces prescriptions sont conformes à celles de la Recommandation G.824 [8].

NOTE – Les réponses transitoires des filtres peuvent produire des impulsions de gigue susceptibles d'affecter la précision des mesures.

Tableau 4/O.171 – Largeurs de bande pour la mesure de la gigue et fréquences de coupure des filtres passe-haut

Débit (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	20	≤ 40	20 Hz	3 kHz
1 544	2	10	40	≤ 80	10 Hz	8 kHz
2 048	2	20	100	≤ 200	20 Hz	18 kHz (0,7 kHz)
6 312	2	10	60	≤ 120	10 Hz	3 kHz
8 448	2	20	400	≤ 800	20 Hz	3 kHz (80 kHz)
32 064	2	10	400	≤ 800	10 Hz	8 kHz
34 368	2	100	800	≤ 1 600	100 Hz	10 kHz
44 736	2	10	400	≤ 800	10 Hz	30 kHz
139 264	2	200	3 500	≤ 7 000	200 Hz	10 kHz

NOTE 1 – La précision de l'appareil est spécifiée pour les fréquences comprises entre f₁ et f₄.
 NOTE 2 – Deux valeurs sont spécifiées pour le filtre passe-haut n° 2, soit 2048 kbit/s et 8448 kbit/s. Les valeurs entre parenthèses s'appliquent uniquement à des mesures sur certaines interfaces nationales.

8.4 Précision des mesures

8.4.1 Généralités

La précision du circuit mesureur de gigue dépend de plusieurs facteurs tels que l'erreur intrinsèque fixe, la réponse en fréquence et l'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 et Y une erreur de 0,01 UI de crête à crête (valeur quadratique moyenne: 0,002 UI) qui intervient lorsqu'on opère avec extraction du rythme interne.

8.4.2 Erreur fixe

Pour les débits du système et les séquences d'essai indiquées, l'erreur fixe du circuit mesureur de gigue doit être conforme aux indications du Tableau 5 lorsqu'elle est mesurée à toute fréquence de gigue comprise entre les fréquences f₁ et f₄ de la Figure 3.

8.4.3 Valeur de l'erreur à d'autres fréquences

Pour les fréquences de gigue comprises entre f₁ et f₄ et autres que 1 kHz, l'erreur qui s'ajoute à celle qui a été définie au 8.4.1 correspond aux valeurs données dans le Tableau 6.

Tableau 5/O.171 – Erreur fixe dans les mesures de gigue

Débit (kbit/s)	Valeurs de la gigue en UI pour des séquences données		
	1000 1000	Pseudo-aléatoire ^{a)}	Séquences de "1" ou entrée de l'horloge)
64	< 0,005	< 0,025	< 0,004
1 544	< 0,005	< 0,025	< 0,004
2 048	< 0,005	< 0,025	< 0,004
6 312	< 0,005	< 0,025	< 0,004
8 448	< 0,005	< 0,025	< 0,004
32 064	< 0,025	< 0,055	< 0,020
34 368	< 0,025	< 0,055	< 0,020
44 736	< 0,025	< 0,055	< 0,020
139 264	< 0,030	< 0,085	< 0,025

^{a)} Voir 7.3.1.

NOTE – Pour les débits supérieurs à 32 Mbit/s, il faut aligner les valeurs indiquées dans ce tableau sur les Recommandations G.823, G.824 et G.783; cela nécessite un complément d'étude.

Tableau 6/O.171 – Erreur imputable à la réponse en fréquence

Débit (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	20	± 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	60	± 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	10	400	± 2% de 60 Hz à 300 kHz
34 368	100	800	± 3% de 300 kHz à f ₄
44 736	10	400	± 4% de 10 Hz à 200 Hz ± 2% de 200 Hz à 300 kHz
139 264	200	3 500	± 3% de 300 kHz à 1 MHz ± 5% de 1 MHz à 3 MHz ± 10% ≥ 3 MHz

8.4.4 Erreur dépendant de la séquence d'essai

Les critères de précision ci-dessus peuvent être satisfaits si l'on utilise, pour mesurer la gigue, des séquences d'essai périodiques contenant peu de zéros ou de signaux de rythme. Avec des séquences pseudo-aléatoires ou aléatoires, ou des signaux codés AMI et NRZ, il faut s'attendre à des erreurs de mesure plus importantes. Étant donné les largeurs de bande ci-dessus, les signaux contenant davantage de zéros peuvent même compromettre le théorème d'échantillonnage ce qui, pour des raisons théoriques, ne permet pas de satisfaire aux critères de précision.

8.4.5 Forme de l'impulsion au point d'accès pour la mesure

Les critères de précision du 8.4 s'appliquent à des ondes rectangulaires au point d'accès pour la mesure. Des ondes non rectangulaires peuvent produire des brouillages entre symboles et des erreurs de mesure de la gigue. On en tiendra compte par exemple lors des mesures aux interfaces appropriées de la hiérarchie numérique à 1544 kbit/s.

8.5 Moyens supplémentaires

8.5.1 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, par exemple au moyen d'un oscilloscope ou d'un mesureur de gigue quadratique moyenne.

8.5.2 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.

9 Conditions de fonctionnement

Les performances électriques exigées devront être observées en cas de fonctionnement dans les conditions climatiques spécifiées au 2.1/O.3 [9].

APPENDICE I

Directives concernant la mesure de la gigue

Introduction

Le présent appendice est un guide d'initiation à la mesure de la gigue. Il contient la description de divers éléments qui sont à l'origine de la gigue ainsi que diverses méthodes de mesure de celle-ci. Les configurations de mesure montrées dans les Figures I.1 à I.5 ne correspondent pas nécessairement à des réalisations pratiques: elles sont plutôt des représentations dont la forme est générale pour des raisons de clarté. Il convient d'en tenir compte dans la lecture des pages qui suivent.

I.1 Définitions et causes de la gigue

Dans la Recommandation G.701 [1], la *gigue* est définie comme suit: "variations à court terme non cumulatives des instants significatifs d'un signal numérique par rapport aux positions qu'ils devraient occuper dans le temps". Autrement dit, la gigue est une modulation de phase (non désirée) du signal numérique. La fréquence des variations de phase est appelée *fréquence de gigue*. Un second paramètre, étroitement lié à la gigue, est le *dérapiage*, qui est défini comme suit: "variations à long terme non cumulatives des instants significatifs d'un signal numérique par rapport aux positions qu'ils devraient occuper dans le temps". Jusqu'ici, il n'existe pas de définition précise de la limite entre la gigue et le dérapage. Les composantes de la variation de phase dont les fréquences se situent au-dessous de la gamme de 1 à 10 Hz sont normalement désignées par le terme de "dérapiage".

La gigue peut détériorer la qualité de transmission d'un circuit numérique. Par suite d'un déplacement du signal par rapport à la position idéale qu'il devrait occuper dans le temps, des erreurs peuvent être introduites dans le train de bits numériques aux points de régénération du signal. Des glissements

risquent de se produire dans les signaux numériques en raison du débordement ou de la raréfaction des données dans l'équipement numérique qui comprend des mémoires tampons et des comparateurs de phase. En outre, la modulation de phase des échantillons reconstitués dans les dispositifs de conversion numérique/analogique peut entraîner une dégradation des signaux analogiques décodés. Ce problème risque surtout de se poser lors de l'émission de signaux codés à large bande.

Il convient d'établir une distinction entre la gigue *systematique* et la gigue *aleatoire*. La gigue systematique est due à un défaut d'alignement du rythme des circuits de reconstitution dans les dispositifs de régénération des signaux ou à un brouillage entre symboles et à une conversion d'amplitude/phase causée par une égalisation imparfaite du câble. Ce type de gigue dépend de la séquence émise.

La gigue aléatoire provient des signaux brouilleurs internes ou externes tels que le bruit du répéteur, la diaphonie ou les réflexions. Ce type de gigue ne dépend pas de la séquence émise.

La gigue basse fréquence produite dans les démultiplexeurs de justification des impulsions est imputable à une synchronisation de justification des impulsions, mécanisme par l'intermédiaire duquel les signaux plésiochrones à faible débit sont synchronisés sur un générateur de rythme local. Cette gigue, qui apparaît à la sortie à faible débit du démultiplexeur, est appelée "gigue de justification" ou "gigue de temps d'attente".

Étant donné qu'il existe une corrélation entre la gigue systematique et la séquence d'impulsions émise dans différents régénérateurs, on obtient une accumulation cohérente, ce qui n'est pas le cas avec la gigue aléatoire pour laquelle on n'observe pas de corrélation dans les différents régénérateurs. Dans la plupart des systèmes numériques actuels, qui ont un débit faible, la gigue systematique est la plus répandue. Dans certains systèmes contemporains à débit élevé, la composante aléatoire peut devenir importante ou même prépondérante.

À la différence de quelques autres dégradations, la gigue perturbatrice peut être éliminée à l'aide de régénérateurs ou d'équipements de "suppression de la gigue" qui contiennent un séparateur de signal avec un circuit de lissage de phase à bande étroite. Ces régénérateurs ne peuvent réduire que les composantes de fréquence de gigue situées au-dessus de la fréquence de coupure des circuits de restitution du rythme. Aux fréquences inférieures de gigue, le signal de sortie d'un régénérateur suit la gigue d'entrée. Dans ce cas, la gigue est "transférée", ce qui signifie qu'un régénérateur fonctionne comme un filtre passe-bas. Ce comportement caractéristique est illustré par les gabarits de tolérance de gigue de la Figure I.1.

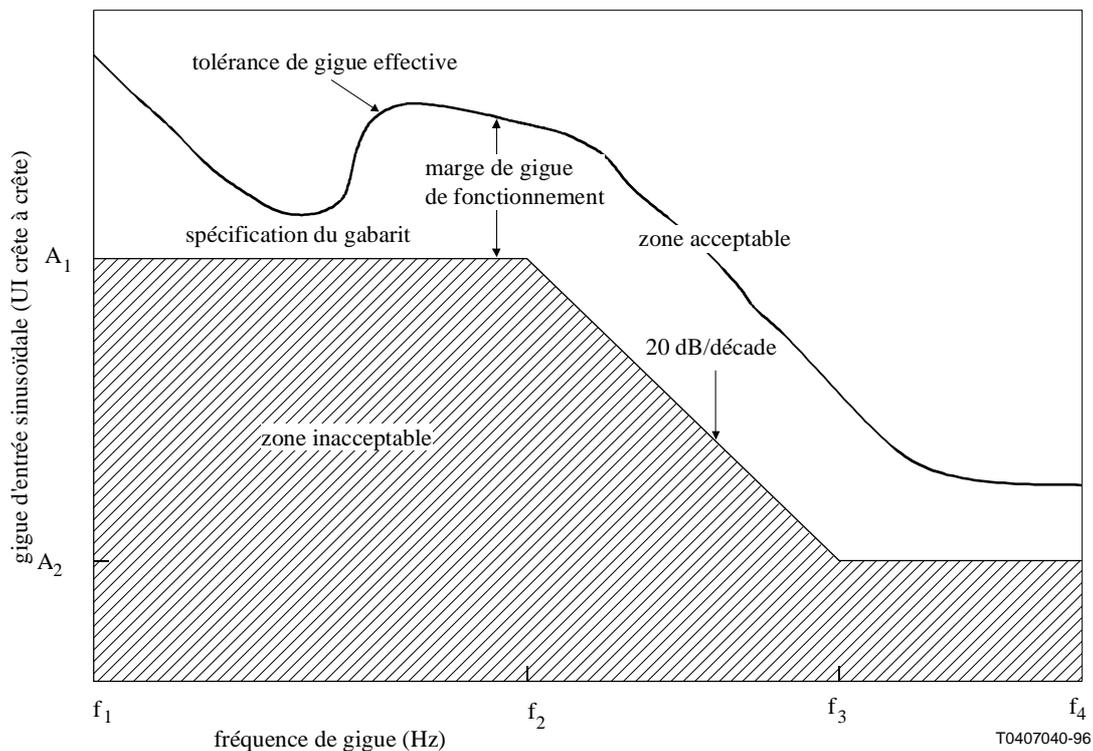


Figure I.1/O.171 – Relation entre mesures réelles de tolérance et gabarits de tolérance

D'après ce qui précède, on voit que la gigue peut dégrader sérieusement la qualité des systèmes de transmission numérique, mais il est impossible de l'éviter totalement. Pour déterminer si la gigue reste dans les limites autorisées, on a recours aux mesures de la gigue.

I.2 Conditions générales des essais

Afin d'accroître la fidélité et l'exactitude des mesures et de permettre des comparaisons entre des mesures faites à des moments différents, il est nécessaire de minimiser les variations des conditions dans lesquelles s'effectuent les essais. Plusieurs paramètres sont susceptibles de varier largement à l'intérieur des intervalles qui leur sont alloués et peuvent influencer notablement les résultats de mesure (suivant le type d'équipement utilisé): ce sont notamment la séquence d'essai, le débit, la forme d'impulsion et les caractéristiques des câbles. Il y a lieu de régler comme il convient les caractéristiques de ces paramètres. De plus, il existe des paramètres secondaires des conditions générales d'essai, qui peuvent avoir également une influence sur les caractéristiques de la gigue et qui devraient être maintenus à leurs niveaux nominaux pour accroître la fidélité des mesures.

Pour contrôler la qualité de l'équipement dans le cas le plus défavorable, il peut être nécessaire de contraindre l'équipement à subir des essais en présence de nombreux changements des conditions expérimentales. Cependant, ce type d'essai ne fournit pas forcément des données significatives sur les caractéristiques de gigue, car il n'est pas possible alors d'agir sur le ou les paramètres particuliers qui peuvent être des sources d'erreurs, ni sur la manière dont ces paramètres influencent d'autres mécanismes de défaillance de l'équipement, indépendants de la gigue. C'est pourquoi on ne doit pas se fonder sur des changements multiples des conditions d'essai pour caractériser la qualité, en terme de gigue, de l'équipement à l'essai.

I.2.1 Séquences d'essai commandées

Certaines méthodes de mesure nécessitent l'application de séquences d'essai commandées. Lorsque la séquence d'essai commandée est censée donner une bonne approximation du trafic réel rencontré dans le réseau, il est recommandé d'employer une séquence binaire pseudo-aléatoire (PRBS, *pseudo-random bit sequence*). Quatre séquences pseudo-aléatoires sont spécifiées dans la Recommandation O.150 dont les longueurs sont: $2^{11} - 1$, $2^{15} - 1$, $2^{20} - 1$ et $2^{23} - 1$. Si l'on veut être sûr qu'une séquence PRBS particulière produira une gigue ayant une densité de raies spectrales appropriée à l'intérieur de la largeur de bande à mi-puissance de la gigue sur un circuit type de restitution de rythme au niveau hiérarchique applicable, il faut que la longueur du mot PRBS soit beaucoup plus grande que le débit de données divisé par la largeur de bande à mi-puissance de la gigue. L'UIT-T recommande que la longueur du mot PRBS soit au moins 100 fois plus grande que le débit divisé par la largeur de bande à mi-puissance [7]. La séquence PRBS de longueur $2^{15} - 1$ spécifiée dans la Recommandation O.150 pour les mesures d'erreur sur les bits peut engendrer une densité de raies spectrales qui ne convient pas pour les mesures de gigue à des débits supérieurs au débit primaire. En outre, cette séquence présente des propriétés médiocres de transfert binaire. Par conséquent, pour les débits binaires égaux et supérieurs au débit primaire, la longueur des séquences ne devrait pas être inférieure à $2^{20} - 1$ et avoir une caractéristique de transfert binaire bien équilibrée [12].

I.2.2 Débit

Le débit doit être maintenu dans les limites spécifiées pour les interfaces numériques, indiquées dans la Recommandation G.703 [2]. Pour mémoire, ces débits sont reproduits ci-après:

- débit de base: $64 \text{ kbit/s} \pm 100 \times 10^{-6}$;
- débit primaire: $1\,544 \text{ kbit/s} \pm 50 \times 10^{-6}$;
 $2\,048 \text{ kbit/s} \pm 50 \times 10^{-6}$;
- débit secondaire: $6\,312 \text{ kbit/s} \pm 30 \times 10^{-6}$;
 $8\,448 \text{ kbit/s} \pm 30 \times 10^{-6}$;
- débit tertiaire: $32\,064 \text{ kbit/s} \pm 10 \times 10^{-6}$;
 $34\,368 \text{ kbit/s} \pm 20 \times 10^{-6}$;
 $44\,736 \text{ kbit/s} \pm 20 \times 10^{-6}$;
- débit quaternaire: $139\,264 \text{ kbit/s} \pm 15 \times 10^{-6}$;

I.2.3 Forme d'impulsion et caractéristiques des câbles

La forme des impulsions agit sur les caractéristiques de gigue en raison de son influence sur la précision du processus de prise de décision dans un circuit de restitution de rythme. La forme d'impulsion est généralement spécifiée par un gabarit d'impulsion à une interface de sortie ou au niveau d'un brasseur [11]. Elle peut varier à l'entrée de l'équipement en raison des effets produits par les câbles à cause des conditions de fonctionnement dans la gamme spécifiée de longueurs de câble et du ou des type(s) de câble spécifié(s). Il est recommandé que la forme d'impulsion à utiliser dans les essais de gigue soit centrée par rapport aux limites du gabarit d'impulsion spécifié, plutôt que localisée aux valeurs extrêmes admises (voir la Note).

NOTE – Il pourra être nécessaire de spécifier plus en détail un gabarit d'impulsion pour les essais de gigue.

I.2.4 Paramètres secondaires des conditions générales d'essai

Les autres paramètres qui peuvent influencer sur les caractéristiques de gigue sont la température, la diaphonie et le bruit. La température agit en faisant varier la fréquence de résonance des circuits de restitution de rythme, des oscillateurs et des circuits de lissage de phase, et en modifiant les propriétés des filtres des circuits analogiques. La diaphonie peut avoir une influence sur les

caractéristiques de gigue lorsque, dans un câble, dans un fond de panier ou dans une carte imprimée, les signaux agissent les uns sur les autres de façon notable. Le bruit a une influence sur le processus de prise de décision dans un circuit de restitution de rythme, par décroissance de la marge de l'oeil de décision.

En vue d'obtenir des mesures de gigue précises et reproductibles, et de faire en sorte que les effets de la gigue appliquée à l'équipement prédominant dans les résultats de mesure, il est recommandé que ces paramètres secondaires soient maintenus à leur niveau nominal.

I.3 Glossaire des blocs fonctionnels constitutifs des configurations d'essai

Ce glossaire définit les blocs fonctionnels employés pour constituer les configurations d'essai décrites dans les sous-paragraphes qui suivent. Il convient de noter que ces blocs peuvent être incorporés dans diverses combinaisons à l'intérieur de différents dispositifs de mesure.

- *Affaiblisseur*: dispositif qui réduit l'amplitude d'un signal numérique afin de diminuer le rapport signal/bruit.
- (*Générateur de*) *séquences d'essai*: source de signaux qui fournit un signal hiérarchique de réseau numérique avec les caractéristiques voulues d'impédance de sortie, de forme d'impulsion, de codage en ligne et de format de trame. Ce bloc fonctionnel élémentaire est apte à fournir plusieurs séquences de données; il doit avoir une sortie de données et une sortie de rythme et peut accepter une entrée de rythme externe.
- *Contrôleur de signaux numériques*: dispositif auquel aboutit un signal hiérarchique d'un réseau numérique, qui contrôle les erreurs sur les bits, les secondes erronées ou le taux d'erreur sur les bits (BER, *bit error ratio*).
- *Équipement en essai* (EUT, *equipment under test*): circuit ou système qui est en cours d'essai avec une séquence de données commandée.
- *Synthétiseur de fréquence*: source de fréquence extrêmement stable et de haute précision. Certains synthétiseurs de fréquence sont capables d'ajouter une modulation de phase ou de fréquence (MP ou MF) à leur sortie principale tout en donnant une sortie secondaire sans modulation.
- *Générateur de gigue*: dispositif qui produit une impulsion d'horloge à débit hiérarchisé, modulée par une gigue sinusoïdale de fréquence et d'amplitude réglables. Une entrée de modulation assure une régulation de gigue externe et une entrée de rythme d'horloge facultative assure une régulation de fréquence de débit de données externe.
- *Circuit mesureur de gigue*: dispositif qui démodule et mesure la gigue présente dans un signal de rythme hiérarchique ou dans un signal de données. Une sortie fournit une tension proportionnelle à la gigue démodulée.
- *Filtre passe-bas*: circuit qui affaiblit les composantes spectrales indésirables au-dessus d'une fréquence donnée.
- *Filtre de mesure de gigue*: circuit qui affaiblit les composantes spectrales de gigue en dehors d'une bande passante spécifiée ou désirée.
- *Réseau en essai*: circuit, système ou réseau qui est en cours d'essai avec utilisation de trafic réel.
- *Source de bruit*: dispositif qui produit un signal ayant une répartition d'amplitude quasi gaussienne avec un spectre de puissance plat (~ trois fois la largeur de bande à mi-puissance du circuit de récupérateur de rythme de l'équipement en essai).
- *Source de modulation*: générateur de signaux qui produit une onde sinusoïdale à faible distorsion, dont la fréquence et l'amplitude sont réglées.

- *Analyseur de spectre*: dispositif qui mesure et qui affiche la puissance des signaux en fonction de la fréquence dans une gamme de fréquences choisie. Une sortie d'oscillateur de poursuite fournit une sinusoïde à fréquence de balayage et à amplitude réglable, qui poursuit la fréquence de mesure instantanée de l'analyseur de spectre.
- *Voltmètre*: dispositif qui mesure la tension continue, la tension efficace vraie ou la tension crête à crête vraie, à la demande. La tension crête à crête vraie est définie ici comme la différence entre la tension instantanée la plus positive et la tension instantanée la plus négative, enregistrées au cours de l'intervalle complet de mesure.

I.4 Mesure de la tolérance de gigue

La tolérance de gigue (également désignée par le terme *acceptation de la gigue*) est définie en fonction de l'amplitude de la gigue sinusoïdale qui, lorsqu'elle est appliquée à une entrée d'équipement, provoque une dégradation donnée de la qualité de fonctionnement. La tolérance de gigue est fonction de l'amplitude et de la fréquence de la gigue appliquée.

Les spécifications de tolérance de gigue sont stipulées sous la forme de gabarits de gigue qui recouvrent une zone spécifiée, définie par des amplitudes sinusoïdales et par des fréquences. Les gabarits de gigue représentent la valeur minimale de gigue qu'un équipement *doit accepter* sans provoquer la dégradation spécifiée de la qualité de fonctionnement (voir la Note).

La relation nominale entre la tolérance effective d'un équipement à la gigue d'entrée et le gabarit de tolérance de gigue associé est représentée à la Figure I.1.

NOTE – Dans la terminologie de l'UIT-T, le gabarit de la tolérance de gigue représente la "limite inférieure de la gigue maximale admissible à l'entrée".

I.4.1 Tolérance réelle

Les amplitudes de gigue sinusoïdale tolérées actuellement par un équipement à une fréquence donnée sont définies comme étant toutes les amplitudes allant jusqu'à (mais non compris) celle qui provoque la dégradation spécifiée de la qualité de fonctionnement.

La dégradation spécifiée de la qualité de fonctionnement peut s'exprimer selon deux critères: l'aggravation du taux d'erreur sur les bits (BER) ou le moment d'apparition des erreurs. Il faut envisager deux critères parce que la tolérance de gigue d'entrée d'un équipement numérique donné est déterminée essentiellement par les deux facteurs suivants:

- l'aptitude du circuit de récupération de rythme à l'entrée à restituer exactement le rythme à partir d'un signal de données affecté par la gigue, éventuellement en présence d'autres dégradations (distorsion d'impulsion, diaphonie, bruit, etc.);
- l'aptitude des autres éléments à admettre des débits d'entrée variant dynamiquement (par exemple, capacité de justification d'impulsions et taille de la mémoire tampon d'un synchroniseur et d'un désynchroniseur dans un équipement multiplex numérique asynchrone).

Le critère d'aggravation du BER permet de déterminer, indépendamment de l'environnement, l'attribution de la gigue d'alignement au circuit de décision, ce qui est de la plus haute importance pour évaluer le premier facteur. On trouvera dans les références [13] et [14] un exposé détaillé du critère d'aggravation du BER. Le critère d'apparition des erreurs est recommandé pour l'évaluation du second facteur.

I.4.1.1 Méthode de l'aggravation du BER

L'aggravation du BER pour les mesures de la tolérance de gigue est définie comme l'amplitude de la gigue, à une fréquence de gigue déterminée, qui reproduit la dégradation du BER provoquée par une diminution spécifiée du rapport signal/bruit (S/B).

Cette méthode se divise en deux parties. Dans la première partie, on détermine deux BER en fonction de points de référence du rapport S/B pour l'équipement en essai. On applique une gigue nulle et on ajoute un bruit au signal, ou bien on affaiblit le signal jusqu'à ce qu'un BER initial convenable soit obtenu. Ensuite le bruit, ou l'affaiblissement du signal, est diminué jusqu'à ce que le rapport S/B, dans le circuit de décision, augmente du nombre spécifié de décibels (c'est-à-dire que le circuit de décision fonctionne avec un BER amélioré). Dans la seconde partie, on utilise les points de référence du BER en fonction du rapport S/B; à une fréquence déterminée, la gigue est ajoutée au signal d'essai jusqu'à ce que le BER retrouve la valeur initialement choisie. Puisqu'une marge connue de la largeur de l'oeil du circuit de décision a été établie par les deux points de BER en fonction du rapport S/B, la gigue équivalente ajoutée est une mesure fidèle et constante de la tolérance de gigue du circuit de décision. La seconde partie de la méthode est répétée avec un nombre suffisant de fréquences, de façon que la mesure rende compte exactement de la tolérance continue de l'EUT à la gigue d'entrée sinusoïdale dans la gamme de fréquences applicable. Le dispositif de mesure doit être capable de produire un signal de gigue commandé, un rapport signal/bruit (S/B) commandé sur le train de données, et de mesurer le BER résultant fourni par l'EUT.

La Figure I.2 représente le dispositif de mesure utilisé dans la méthode d'aggravation du BER. L'équipement représenté par des lignes tiretées est facultatif. Le synthétiseur de fréquence facultatif permet d'obtenir une détermination plus exacte des fréquences utilisées dans la mesure. Cela peut être particulièrement important pour la reproductibilité des mesures sur certains types d'équipements à savoir les équipements multiplex numériques asynchrones. Le récepteur de gigue facultatif est utilisé pour contrôler l'amplitude de gigue produite.

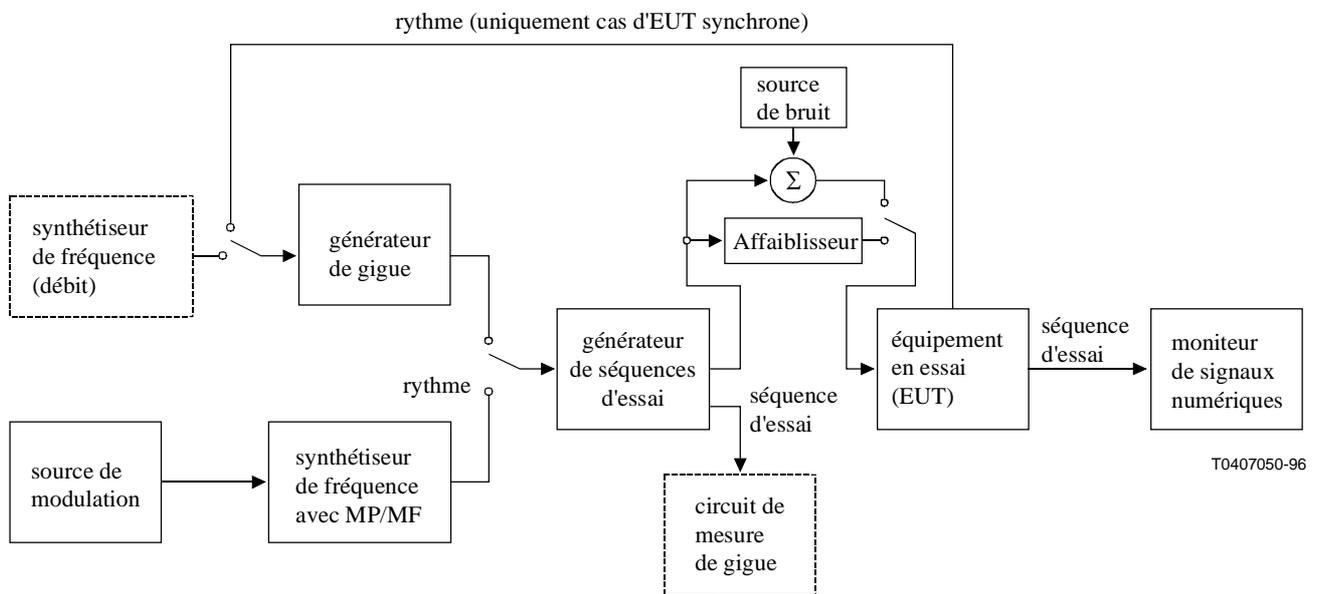


Figure I.2/O.171 – Configuration de mesure de la tolérance de gigue: technique d'aggravation du BER

Mode opératoire

- i) établir les connexions comme indiqué à la Figure I.2. Vérifier la continuité et l'absence d'erreurs de fonctionnement;
- ii) en l'absence de gigue, augmenter le bruit (ou affaiblir le signal) jusqu'à ce qu'on observe au moins 100 erreurs par seconde sur les bits;
- iii) enregistrer le BER correspondant et le rapport S/B associé;
- iv) augmenter le rapport S/B de la valeur spécifiée;
- v) régler la fréquence de gigue d'entrée à la valeur désirée;
- vi) régler l'amplitude de la gigue jusqu'à ce que le BER retrouve sa valeur enregistrée en iii);
- vii) enregistrer l'amplitude et la fréquence de la gigue d'entrée appliquée et répéter les opérations v) à vii) avec un nombre suffisant de fréquences pour caractériser la courbe de tolérance de gigue.

I.4.1.2 Méthode de l'apparition des erreurs

Le critère d'apparition des erreurs pour les mesures de tolérance de gigue est défini comme la plus grande amplitude de gigue, à une fréquence spécifiée, qui donne un total cumulé de deux secondes erronées au plus, ces secondes erronées ayant été sommées sur des intervalles de mesure successifs de 30 s pendant lesquels l'amplitude de la gigue augmentait.

Cette méthode consiste à fixer une fréquence de gigue et à déterminer l'amplitude de gigue d'un signal d'essai qui permet de satisfaire au critère d'apparition des erreurs. Spécifiquement, cette technique suppose les opérations suivantes:

- 1) isoler "la zone de transition" de l'amplitude de gigue (dans laquelle cesse le fonctionnement sans erreur);
- 2) mesurer les secondes erronées isolées, pendant une durée de 30 s (pour chaque accroissement de l'amplitude de la gigue à partir du début de la zone repérée en 1);
- 3) déterminer l'amplitude de gigue la plus grande pour laquelle le compte cumulé de secondes erronées ne dépasse pas 2 s erronées.

Le processus est répété avec un nombre suffisant de fréquences pour que la mesure rende compte exactement de la tolérance de l'EUT à la gigue d'entrée sinusoïdale pour la gamme de fréquences de gigue applicable. Le dispositif de mesure doit être capable de produire un signal perturbé par la gigue commandée et de mesurer les secondes erronées qui en résultent, provoquées par la gigue sur le signal entrant.

La Figure I.3 représente le dispositif de mesure utilisé dans la méthode de l'apparition des erreurs. Le synthétiseur de fréquence facultatif permet d'obtenir une détermination plus exacte des fréquences utilisées dans la mesure. Le récepteur de gigue facultatif sert à contrôler l'amplitude de la gigue produite.

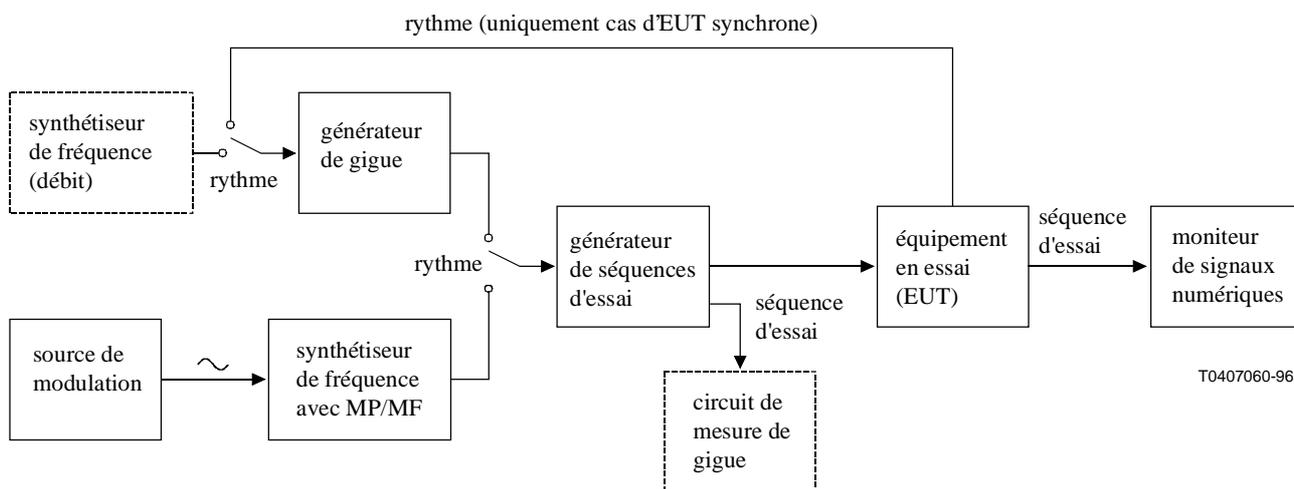


Figure I.3/O.171 – Configuration de mesure de la tolérance de gigue: technique d'apparition d'erreurs

Mode opératoire

- i) établir les connexions comme indiqué à la Figure I.3. Vérifier la continuité et l'absence d'erreurs de fonctionnement;
- ii) régler la fréquence de la gigue d'entrée à la valeur désirée et initialiser l'amplitude de gigue à 0 IU crête à crête;
- iii) augmenter l'amplitude de la gigue par accroissements effectués avec un réglage approximatif pour déterminer la zone d'amplitude dans laquelle cesse le fonctionnement sans erreur. Diminuer l'amplitude de la gigue au niveau qu'elle avait au seuil de cette zone;
- iv) enregistrer le nombre de secondes erronées qui apparaissent au cours d'un intervalle de mesure de 30 s. A noter que la mesure initiale doit être de 0 s erronée;
- v) augmenter l'amplitude de la gigue par accroissements effectués avec un réglage fin, en répétant l'opération iv) pour chaque accroissement, jusqu'à ce que le critère d'apparition des erreurs soit satisfait;
- vi) enregistrer l'amplitude indiquée et la fréquence de la gigue appliquée à l'entrée, et répéter les opérations ii) à iv) avec un nombre suffisant de fréquences pour caractériser la courbe de tolérance de gigue.

I.4.2 Conformité au gabarit de tolérance de gigue

La tolérance de gigue de l'équipement est spécifiée au moyen de gabarits de tolérance de gigue. Chaque gabarit définit la zone dans laquelle l'équipement doit fonctionner sans subir la dégradation spécifiée de la qualité de fonctionnement. La différence entre le gabarit et la courbe de tolérance effective de l'équipement représente la marge de gigue pour le fonctionnement, illustrée par la Figure I.1.

La mesure de conformité au gabarit s'effectue en réglant la fréquence et l'amplitude de la gigue à la valeur du gabarit et en vérifiant que la dégradation spécifiée de la qualité de fonctionnement n'apparaît pas.

On fait la mesure pour un nombre suffisant de points du gabarit, afin d'assurer la conformité sur toute la gamme de fréquences du gabarit.

La Figure I.2 ou la Figure I.3, suivant le cas, représente le dispositif de mesure pour la méthode de conformité au gabarit de tolérance de gigue.

Mode opératoire

- i) établir les connexions de l'équipement comme indiqué au I.4.1.1 ou I.4.1.2, suivant le cas. Vérifier la continuité et l'absence d'erreurs de fonctionnement;
- ii) régler l'amplitude et la fréquence de la gigue sur un point du gabarit;
- iii) lorsqu'on emploie la méthode de l'apparition des erreurs, confirmer l'existence de 0 s erronée. Lorsqu'on emploie la méthode de l'aggravation du BER, confirmer que la dégradation spécifiée de la qualité de fonctionnement n'est pas atteinte;
- iv) répéter les opérations ii) et iii) pour un nombre suffisant de points du gabarit, afin de vérifier la conformité avec le gabarit de tolérance de gigue.

I.5 Mesure de la caractéristique de transfert de gigue

La caractéristique de transfert de gigue d'un équipement numérique est définie comme le rapport de la gigue de sortie à la gigue appliquée à l'entrée, en fonction de la fréquence.

Si, dans un équipement numérique, on peut décrire la relation entre la gigue à l'entrée et la gigue de sortie au moyen d'un processus linéaire (processus à la fois additif et homogène), on peut utiliser le terme "fonction de transfert de gigue". Cette relation, pour certains types d'équipements numériques, ne peut s'exprimer sous la forme d'une fonction de transfert de gigue. Dans de tels cas, il peut être nécessaire d'utiliser des méthodes de mesure différentes pour obtenir des résultats significatifs. Les processus non linéaires ne sont pas couverts par le présent appendice.

I.5.1 Processus linéaires

Des mesures de transfert de gigue sont souvent nécessaires pour les circuits de restitution de rythme et les circuits de lissage de phase des désynchroniseurs. La mesure de la fonction de transfert de gigue d'un circuit linéaire de restitution de rythme s'effectue généralement sans difficulté. En revanche, il faut faire appel à des techniques spécialisées pour effectuer la même mesure sur un désynchroniseur, car le circuit de lissage linéaire fait alors partie d'un système multiplex numérique asynchrone non linéaire.

I.5.1.1 Circuit de récupération du rythme

Les circuits de récupération du rythme constituent un élément essentiel des accès d'entrée de certains équipements numériques. On accorde un intérêt particulier à la fonction de transfert de gigue des circuits de récupération du rythme, qui prédominent dans le transfert de la gigue de l'entrée à la sortie. On ne traitera pas ici de la caractérisation des circuits linéaires de récupération faisant partie d'un équipement non linéaire (systèmes multiplex numériques asynchrones), étant donné que ces circuits n'ont pas un effet prédominant sur la caractéristique globale de transfert de gigue de l'équipement.

I.5.1.1.1 Technique de base

Cette technique consiste à appliquer en balayage à l'EUT une gigue sinusoïdale ayant une amplitude fixe admissible dans une gamme de fréquences choisie et à observer l'amplitude de la gigue de sortie dans cette gamme de fréquences. Le processus est répété avec un nombre suffisant de gammes de fréquences pour caractériser la fonction de transfert de gigue de l'EUT.

Spécifiquement, cette technique met en œuvre un analyseur de spectre pour fixer une gamme de fréquences de gigue ainsi que la valeur correspondante de l'amplitude de gigue admissible. Initialement, l'EUT est mis hors circuit pour établir la trace de référence d'amplitude (0 dB) du dispositif de mesure. L'EUT est ensuite remis en circuit et la trace de référence d'amplitude 0 dB est soustraite de la mesure globale du transfert de gigue afin d'obtenir la fonction de transfert de gigue de l'EUT. L'emploi d'un analyseur de spectre avec oscillateur de poursuite à la sortie est nécessaire pour

déterminer la fréquence et l'amplitude de la gigue d'entrée pendant qu'on procède à la mesure de la gigue de sortie dans une bande étroite. Pour atteindre un degré de précision élevé, la largeur de bande de l'analyseur de spectre doit être suffisamment petite pour donner la résolution d'amplitude et la dynamique souhaitées, dans toutes les gammes de fréquences choisies pour les mesures. Par exemple, pour obtenir des pointes inférieures à 0,1 dB et une décroissance de 20 dB par décade, de 350 Hz à 20 kHz, il peut être nécessaire d'utiliser un analyseur de spectre ayant une résolution égale à 0,1 dB, une largeur de bande 3 Hz et une dynamique de 40 dB.

La Figure I.4 représente un dispositif de mesure de la fonction de transfert de gigue. Le synthétiseur de fréquence facultatif peut servir à déterminer avec plus de précision les fréquences utilisées dans cette mesure.

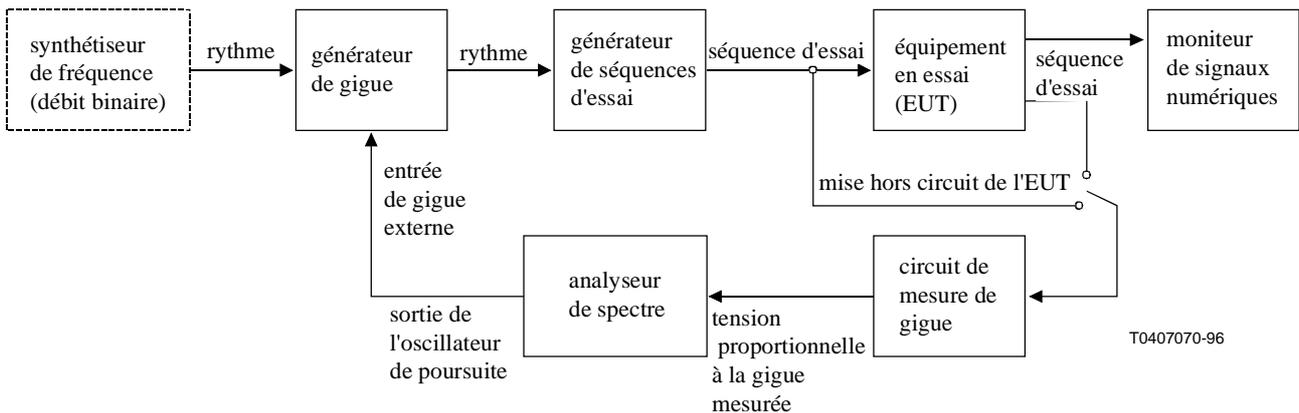


Figure I.4/O.171 – Configuration de mesure de la fonction de transfert de gigue: technique de base

Mode opératoire

- i) effectuer une mesure de la tolérance de gigue de l'EUT dans la gamme de fréquences désirée, comme décrit au I.4;
- ii) établir les connexions comme indiqué à la Figure I.4, en mettant l'EUT hors circuit. Vérifier la continuité, la linéarité et l'absence d'erreurs de fonctionnement;
- iii) régler la gamme de fréquences désirée sur l'analyseur de spectre. Régler le niveau de sortie de l'oscillateur de poursuite sur l'analyseur de spectre pour obtenir une amplitude de gigue admissible dans la gamme de fréquences choisie, qui doit être assez large pour garantir une bonne précision de mesure et en même temps suffisamment étroite pour conserver un fonctionnement linéaire;
- iv) régler la largeur de bande de l'analyseur de spectre à une valeur aussi petite que possible, balayer la gamme de fréquences désirée et enregistrer la trace de l'amplitude de référence 0 dB du dispositif de mesure. (Le réglage d'une petite largeur de bande de l'analyseur de spectre peut permettre de réduire l'amplitude de la gigue appliquée sans diminution de la précision des mesures;
- v) reconnecter l'EUT comme indiqué à la Figure I.4. Vérifier la continuité, la linéarité et l'absence d'erreurs dans le fonctionnement;
- vi) utiliser l'analyseur de spectre pour balayer la gamme de fréquences choisie et enregistrer l'amplitude de la fonction de transfert de la gigue de l'ensemble (dispositif de mesure et EUT);

- vii) pour obtenir la fonction de transfert de gigue de l'EUT, soustraire la trace de référence d'amplitude 0 dB de la fonction de transfert de gigue de l'ensemble, enregistrée en vi);
- viii) répéter les opérations i) à vii) avec un nombre suffisant de gammes de fréquences pour caractériser la gamme de fréquences totale qui présente de l'intérêt.

I.5.1.2 Circuit de lissage de phase d'un désynchroniseur

En général, un processus non linéaire caractérise la relation qui existe entre les giges présentes respectivement à l'entrée et à la sortie d'un équipement multiplex numérique asynchrone. Toutefois, la plupart des circuits de lissage de phase sont prévus pour fonctionner linéairement et peuvent donc avoir une fonction de transfert associée. Deux techniques ont été mises au point pour déterminer la fonction de transfert de gigue d'un circuit linéaire de lissage de phase d'un désynchroniseur, avec utilisation d'interfaces multiplex normalisées. Dans la première technique, on emploie les interfaces à l'entrée à faible vitesse du multiplexeur et à la sortie à faible vitesse du démultiplexeur. Dans la seconde technique, les interfaces sont mises en œuvre à l'entrée à vitesse élevée et à la sortie à faible vitesse du démultiplexeur.

I.5.1.2.1 Technique multiplex

Avec cette technique, on tente de "linéariser" le processus de multiplexage en imposant des contraintes appropriées à la fréquence et à l'amplitude de la gigue appliquée à l'entrée. La gigue sinusoïdale, dont on choisit la fréquence et l'amplitude, doit être appliquée à l'entrée à faible vitesse du multiplexeur. L'amplitude de la gigue à la sortie à faible vitesse du démultiplexeur est observée pour la fréquence appliquée. Le processus est répété avec un nombre suffisant de fréquences pour caractériser la fonction de transfert de gigue du désynchroniseur. En l'occurrence, lorsque la gigue sinusoïdale module la phase du signal d'entrée présent à l'une des entrées à faible vitesse du multiplexeur, le spectre de la gigue apparaissant à la sortie tributaire correspondante contient non seulement des composantes de gigue de temps d'attente en des emplacements discrets du spectre, mais également une composante discrète à la fréquence de la gigue d'entrée. Dans cette technique, on augmente suffisamment l'amplitude de la gigue d'entrée pour faire en sorte que cette composante discrète du spectre de la gigue de sortie à la fréquence appliquée l'emporte sur les autres composantes de la gigue de temps d'attente dans la largeur de bande utilisée pour la mesure. Cependant, cette amplitude ne doit pas être trop grande, de façon à ne pas saturer le mécanisme de justification du multiplexeur (apparition de la saturation). Le plus petit écart de fréquence, $f(t)$, qui provoque l'apparition de la saturation, est déterminé par la plus petite valeur des deux expressions suivantes:

$$f(t) = f_{sc} - f_{nom}$$

$$f(t) = -f_m + f_{sc} - f_{nom}$$

où:

f_{sc} représente le rythme de lecture moyen des bits de données synchrones du multiplexeur;

f_m la fréquence maximale à laquelle les impulsions peuvent être justifiées dans le train d'impulsions entrant,

et:

f_{nom} le débit en ligne nominal à l'entrée.

Pour atteindre un degré de précision élevé, la largeur de bande de l'analyseur de spectre doit être suffisamment petite pour donner la résolution d'amplitude et la dynamique désirées dans chaque bande de fréquences utilisée pour la mesure (voir le I.5.1.1.1). On suppose, par ailleurs, que la fonction de transfert du circuit de restitution de rythme à l'entrée à faible vitesse du démultiplexeur ne modifie pas la gigue appliquée dans la gamme de fréquences qui présente de l'intérêt.

La Figure I.4 illustre le dispositif utilisé pour mesurer la fonction de transfert de gigue. Le synthétiseur de fréquence facultatif assure une détermination plus exacte des fréquences utilisées dans la procédure de mesure.

Mode opératoire

- i) effectuer une mesure de tolérance de gigue dans la gamme de fréquences désirée;
- ii) établir les connexions comme indiqué à la Figure I.4 en mettant l'EUT hors circuit. Vérifier la continuité, la linéarité et l'absence d'erreurs de fonctionnement;
- iii) régler manuellement la fréquence d'essai sur l'analyseur de spectre;
- iv) régler le niveau de sortie de l'oscillateur de poursuite sur l'analyseur de spectre, pour produire la plus grande amplitude de gigue admissible qui ne provoque pas l'apparition de la saturation (comme défini dans le présent sous-paragraphe) à la fréquence choisie;
- v) régler la largeur de bande de l'analyseur de spectre à une valeur aussi petite que possible et enregistrer le niveau de référence de transfert d'amplitude 0 dB du dispositif de mesure;
- vi) reconnecter l'EUT comme indiqué à la Figure I.4. Vérifier la continuité et l'absence d'erreurs dans le fonctionnement;
- vii) enregistrer l'amplitude de la fonction de transfert de gigue de l'ensemble (dispositif de mesure et EUT). La prise de moyennes est généralement nécessaire pour faire disparaître les effets de la gigue de temps d'attente sur les mesures;
- viii) pour obtenir la valeur de la fonction de transfert de gigue de l'EUT, soustraire le niveau de référence de transfert d'amplitude 0 dB de l'amplitude de l'ensemble, obtenue en vii);
- ix) répéter les opérations iii) à viii) avec un nombre suffisant de fréquences pour caractériser la fonction de transfert de gigue de l'EUT.

I.5.1.2.2 Technique du démultiplexeur

Cette technique consiste à appliquer une gigue sinusoïdale, dont on choisit l'amplitude et la fréquence, à l'entrée à vitesse élevée du démultiplexeur, et à observer l'amplitude de la gigue à la sortie à faible vitesse du démultiplexeur, à la fréquence appliquée. Le processus est répété avec un nombre suffisant de fréquences pour caractériser la fonction de transfert de gigue du désynchroniseur. En l'occurrence, lorsque la gigue sinusoïdale module la phase du signal d'entrée du démultiplexeur, le spectre de gigue à la sortie contient une composante discrète à la fréquence de la gigue d'entrée, en plus des composantes de gigue de temps d'attente intrinsèques déjà présentes. Dans cette technique, on augmente suffisamment l'amplitude de la gigue appliquée à l'entrée pour faire en sorte que sa contribution au spectre de la gigue de sortie à la fréquence appliquée l'emporte sur celle de la gigue de temps d'attente, sans dépasser la tolérance de gigue d'entrée du démultiplexeur. On suppose, par ailleurs, que la fonction de transfert du circuit de restitution du rythme à l'entrée à vitesse élevée du démultiplexeur ne modifie pas la gigue appliquée dans la gamme de fréquences qui présente de l'intérêt.

La Figure I.4 représente le dispositif utilisé pour mesurer la fonction de transfert de gigue. Il convient de souligner que le mode opératoire décrit ci-dessous *ne permet pas d'éliminer par étalonnage les effets des circuits de réception à faible vitesse contenus dans le bloc fonctionnel "circuit mesureur de gigue"*. Il faut par conséquent que ces circuits aient une réponse uniforme.

Il y a lieu de noter que le signal numérique appliqué à l'entrée à vitesse élevée du démultiplexeur doit contenir des informations de verrouillage pour permettre à l'équipement soumis aux essais de fonctionner correctement. Les signaux "à trames verrouillées" peuvent être extraits d'un générateur de signaux numériques approprié ou provenir du multiplexeur numérique correspondant. Dans ce dernier cas, il faut insérer un modulateur de gigue transparent entre la sortie à vitesse élevée du

multiplexeur et l'entrée du démultiplexeur. Le modulateur de gigue superpose la gigue au signal exempt de gigue provenant du multiplexeur.

Mode opératoire

- Suivre le mode opératoire indiqué au I.5.1.1.1 en utilisant la Figure I.4 et en graduant la gigue appliquée en intervalles unitaires (UI, *unit intervals*), sur la base du rapport: débit de données à l'entrée à vitesse élevée du démultiplexeur/débit de données à la sortie à faible vitesse du démultiplexeur.

I.6 Mesure de la gigue de sortie

Les mesures de la gigue de sortie entrent dans deux catégories:

- 1) gigue de sortie du réseau aux interfaces hiérarchiques;
- 2) gigue intrinsèque produite par un équipement numérique individuel.

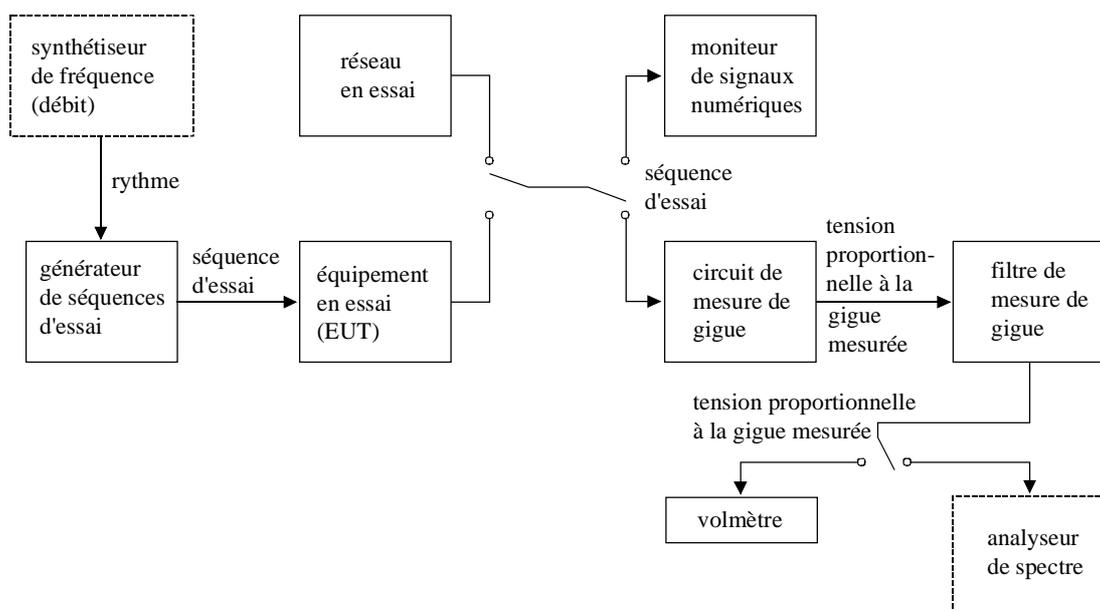
La mesure de la gigue de sortie peut s'effectuer sur l'amplitude crête à crête et sur l'écart quadratique moyen dans des intervalles fréquentiels spécifiés, et peut nécessiter une caractérisation statistique.

Les mesures de la gigue de sortie se font soit sur le trafic réel, soit sur des séquences d'essai commandées.

I.6.1 Trafic réel

Les mesures de la gigue de sortie aux interfaces hiérarchiques du réseau font généralement appel à des signaux de trafic réel. Pour les essais avant mise en service, on utilise des séquences de données commandées, voir I.6.2. Cette technique consiste à démoduler la gigue du trafic réel à la sortie d'une interface de réseau, à filtrer sélectivement la gigue et à mesurer la valeur quadratique moyenne effectuée ou la valeur de l'amplitude crête à crête vraie de la gigue dans l'intervalle de temps spécifié.

La Figure I.5 représente le dispositif de mesure utilisé dans la technique du trafic réel. L'analyseur de spectre facultatif permet d'observer le spectre de fréquence de la gigue de sortie.



T0407080-96

Figure I.5/O.171 – Configuration de mesure de la gigue de sortie: technique de base

Mode opératoire

- i) établir les connexions de l'équipement comme indiqué à la Figure I.5. Vérifier la continuité et l'absence d'erreurs de fonctionnement;
- ii) choisir le filtre de mesure de gigue voulu et mesurer la gigue filtrée à la sortie en enregistrant l'amplitude crête à crête vraie qui apparaît au cours de l'intervalle de temps de mesure spécifié;
- iii) répéter l'opération ii) pour tous les filtres de mesure de gigue voulus.

I.6.2 Séquences d'essai commandées

La mesure de la gigue intrinsèque d'un équipement numérique individuel nécessite l'utilisation de séquences d'essai commandées. Ces séquences de données sont généralement utilisables en laboratoire, en usine et en dehors du service. La "technique de base", décrite ci-dessous, donne des détails sur la façon dont ces mesures peuvent être effectuées.

Si l'on cherche à obtenir des informations plus détaillées sur la puissance de la gigue de sortie (plus précisément, gigue produite dans les régénérateurs numériques), la gigue peut être divisée en composantes aléatoires et systématiques. Si l'on fait une distinction entre la gigue aléatoire et la gigue systématique, c'est principalement pour permettre la comparaison des résultats de mesure avec les calculs théoriques et pour affiner la conception du régénérateur. La technique améliorée [13] décrit la manière dont on peut mesurer la gigue aléatoire et la gigue systématique.

I.6.2.1 Technique de base

Cette technique est identique à celle qui est décrite au I.6.1, à ceci près qu'on applique à l'EUT une séquence d'essai commandée non perturbée par la gigue. Le synthétiseur de fréquence facultatif de la Figure I.5 sert à déterminer de façon plus précise les fréquences utilisées dans la mesure.

Mode opératoire

- i) établir les connexions de l'équipement comme indiqué à la Figure I.5 en utilisant le générateur de signaux numériques pour appliquer à l'EUT une séquence d'essai commandée, non perturbée par la gigue. Vérifier la continuité et l'absence d'erreurs de fonctionnement;
- ii) choisir le filtre de mesure de gigue voulu et mesurer la gigue filtrée à la sortie en enregistrant l'amplitude crête à crête vraie qui apparaît au cours d'un intervalle de temps de mesure spécifié;
- iii) répéter l'opération ii) pour tous les filtres de mesure de gigue voulus.

APPENDICE II

Directives concernant la mesure du dérapage

(Le présent appendice contient des informations d'ordre purement didactique)

Étant donné que, dans la présente édition de la Recommandation O.171, la mesure du dérapage est traitée dans les grandes lignes, le texte correspondant a été placé dans un appendice. Les travaux sur la mesure de dérapage se poursuivent et les résultats pourront être intégrés dans le corps de futures éditions de la Recommandation O.171.

II.1 Mesure du dérapage

II.1.1 Configurations de mesure du dérapage – Généralités

En raison de la basse fréquence des variations de phase qu'il y a lieu de mesurer (voir la définition au paragraphe 3), le dérapage est une grandeur qui nécessite une configuration d'essai spéciale. Dans les mesures de la gigue, le signal de rythme de référence est normalement produit sur place et obtenu à partir de la phase moyenne du signal à mesurer au moyen d'une boucle à verrouillage de phase. Une telle boucle ne permet toutefois pas de répondre aux besoins de la mesure du dérapage.

Celle-ci nécessite toujours un signal de référence extérieur ayant la stabilité voulue.

Les présents sous-paragraphe II.1.1, II.1.2 et II.1.3 contiennent des renseignements sur les configurations d'essai conformes aux critères de la Recommandation G.810 [4] pour la mesure du dérapage.

II.1.2 Mesure synchronisée

La Figure II.1 présente d'une manière très générale le schéma fonctionnel du circuit nécessaire pour la mesure synchronisée du dérapage.

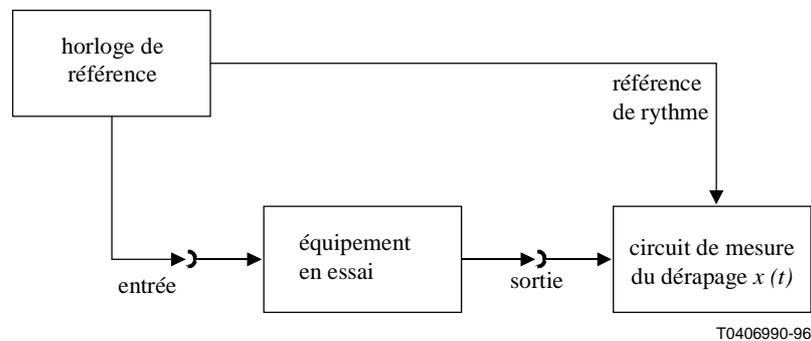


Figure II.1/O.171 – Configuration de mesure synchronisée de dérapage

Cette configuration est utilisable si les signaux de rythme nécessaires pour effectuer les mesures peuvent être obtenus à partir d'une horloge de référence commune. Cela signifie que seules les mesures en boucle, dans lesquelles l'entrée et la sortie de l'équipement à l'essai sont accessibles au même endroit, peuvent être effectuées de cette manière. Dans ce montage, le résultat des mesures n'est pas touché par les variations de phase de l'horloge de référence et, pour cette raison, les critères de stabilité de l'horloge de référence ne sont pas très sévères et peuvent être atteints au moyen d'un appareillage d'essai portatif.

II.1.3 Mesure non synchronisée

Le schéma fonctionnel pour la mesure non synchronisée du dérapage est illustré à la Figure II.2.

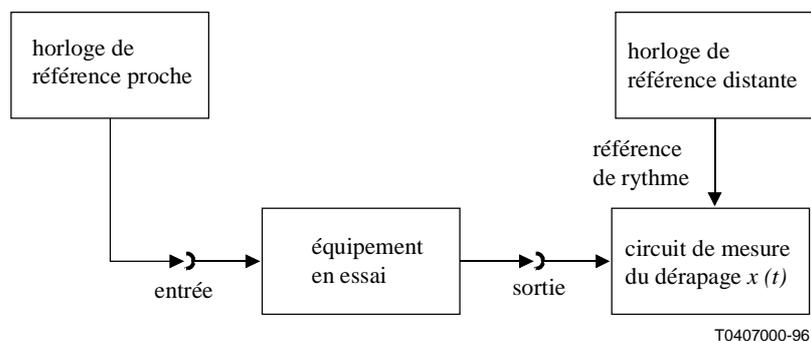


Figure II.2/O.171 – Configuration de mesure non synchronisée du dérapage

Cette configuration peut être utilisée pour mesurer le dérapage quand l'entrée et la sortie de l'équipement à l'essai ne sont pas situées au même endroit (mesure de bout en bout). Dans ce montage, le résultat des mesures est affecté par toute dérive de fréquence ou de phase des deux horloges utilisées pour la mesure. Cela signifie que la stabilité des deux horloges doit être d'au moins un ordre de grandeur supérieure à la grandeur qu'il y a lieu de mesurer. Les appareillages d'essai portatifs ne peuvent avoir de telles horloges de référence car une synchronisation avec une référence extérieure est nécessaire.

II.2 Mesure de la stabilité de l'horloge

Pour mesurer la stabilité d'une horloge, le montage est similaire à celui qui est décrit ci-dessus. Il est illustré à la Figure II.3.

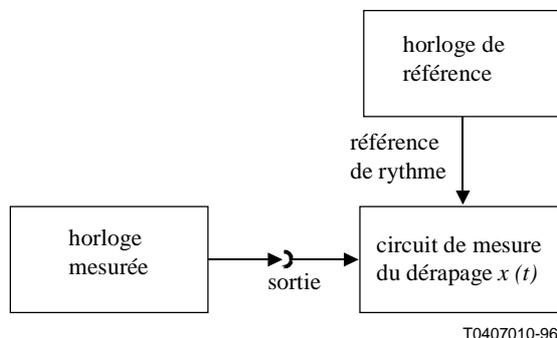


Figure II.3/O.171 – Configuration de mesure de la stabilité de l'horloge

Dans cette configuration, le résultat des mesures est aussi affecté par toute dérive de fréquence ou de phase de l'horloge de référence utilisée pour les mesures. Les mêmes considérations que celles de la Figure II.2 s'appliquent.

II.3 Grandeurs à mesurer

Il conviendra de mesurer les grandeurs suivantes:

II.3.1 Écart temporel

L'instrument aura la capacité de mesurer l'écart temporel (TDEV, *time deviation*) défini dans la Recommandation G.810 [4].

II.3.2 Erreur maximale sur l'intervalle temporel

L'instrument aura la capacité de mesurer l'erreur maximale sur l'intervalle temporel (MTIE, *maximum time interval error*) défini dans la Recommandation G.810 [4].

II.3.3 Ecart d'Allan

L'instrument aura la capacité de mesurer l'écart d'Allan (ADEV, *Allan deviation*) défini dans la Recommandation G.810 [4].

II.4 Référence externe

La mesure du dérapage nécessite en particulier une entrée pour un signal de référence temporelle extérieure. Cette entrée acceptera des signaux d'horloge au débit de 1544 ou de 2048 kbit/s et des signaux sinusoïdaux à 1544 ou à 2048 kHz, utilisés comme référence.

SERIES 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 Maintenance: 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 Z Langages de programmation