



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.823

(03/2000)

SÉRIE G: SYSTÈMES ET SUPPORTS DE
TRANSMISSION, SYSTÈMES ET RÉSEAUX
NUMÉRIQUES

Réseaux numériques – Objectifs de qualité et de
disponibilité

**Régulation de la gigue et du dérapage dans les
réseaux numériques basés sur la hiérarchie
à 2048 kbit/s**

Recommandation UIT-T G.823

(Antérieurement Recommandation du CCITT)

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE G

SYSTÈMES ET SUPPORTS DE TRANSMISSION, SYSTÈMES ET RÉSEAUX NUMÉRIQUES

CONNEXIONS ET CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX	G.100–G.199
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES COMMUNES À TOUS LES SYSTÈMES ANALOGIQUES À COURANTS PORTEURS	G.200–G.299
CARACTÉRISTIQUES INDIVIDUELLES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX À COURANTS PORTEURS SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.300–G.399
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX HERTZIENS OU À SATELLITES ET INTERCONNEXION AVEC LES SYSTÈMES SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.400–G.449
COORDINATION DE LA RADIOTÉLÉPHONIE ET DE LA TÉLÉPHONIE SUR LIGNES ÉQUIPEMENTS TERMINAUX	G.450–G.499 G.700–G.799
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.800–G.899
Généralités	G.800–G.809
Objectifs de conception pour les réseaux numériques	G.810–G.819
Objectifs de qualité et de disponibilité	G.820–G.829
Fonctions et capacités du réseau	G.830–G.839
Caractéristiques des réseaux à hiérarchie numérique synchrone	G.840–G.849
Gestion du réseau de transport	G.850–G.859
Intégration des systèmes satellitaires et hertziens à hiérarchie numérique synchrone	G.860–G.869
Réseaux de transport optiques	G.870–G.879
SECTIONS NUMÉRIQUES ET SYSTÈMES DE LIGNES NUMÉRIQUES	G.900–G.999

Pour plus de détails, voir la Liste des Recommandations de l'UIT-T.

**Régulation de la gigue et du dérapage dans les réseaux
numériques basés sur la hiérarchie à 2048 kbit/s**

Résumé

La présente Recommandation UIT-T spécifie les limites maximales de la gigue et du dérapage qui ne devront pas être dépassées dans le réseau et la tolérance minimale de gigue et de dérapage qui devra être prévue pour l'équipement à une interface de transport ou de synchronisation correspondante quelconque basée sur la hiérarchie à 2048 kbit/s.

Les prescriptions relatives aux caractéristiques de la gigue et du dérapage qui sont spécifiées dans la présente Recommandation UIT-T doivent être respectées afin d'assurer l'interfonctionnement des équipements fabriqués par différents constructeurs et une qualité de fonctionnement de réseau satisfaisante.

Source

La Recommandation G.823 de l'UIT-T, révisée par la Commission d'études 13 (1997-2000) de l'UIT-T, a été approuvée le 10 mars 2000 selon la procédure définie dans la Résolution 1 de la CMNT.

Mots clés

Dérapage de sortie, gigue de sortie, horloges, limites dans le réseau, rythme, synchronisation, tolérance de dérapage d'entrée, tolérance de gigue d'entrée.

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 1 de la CMNT.

Dans certains secteurs des technologies 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 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 2001

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 normatives 2
3	Définitions 3
4	Abréviations..... 3
5	Limites dans le réseau pour les interfaces de trafic..... 4
5.1	Limites dans le réseau pour la gigue de sortie aux interfaces de trafic..... 4
5.2	Limites dans le réseau pour le dérapage de sortie aux interfaces de trafic 6
5.2.1	Limite du dérapage de sortie à une interface à 2048 kbit/s..... 7
5.2.2	Limite du dérapage de sortie à une interface à 34 368 kbit/s..... 7
5.2.3	Limite du dérapage de sortie à une interface à 139 264 kbit/s..... 8
6	Limites dans le réseau pour les interfaces de synchronisation..... 9
6.1	Limites dans le réseau pour la gigue de sortie aux interfaces de synchronisation 9
6.2	Limites dans le réseau pour le dérapage de sortie aux interfaces de synchronisation 10
6.2.1	Limite du dérapage de sortie à une interface d'horloge PRC 11
6.2.2	Limite du dérapage de sortie à une interface d'unité SSU 12
6.2.3	Limite du dérapage de sortie à une interface d'horloge SEC 14
6.2.4	Limite du dérapage de sortie à une interface de synchronisation PDH 15
7	Tolérance de gigue et de dérapage des interfaces de réseau 17
7.1	Tolérance de gigue et de dérapage des interfaces de trafic 17
7.1.1	Tolérance de gigue et de dérapage d'entrée à 64 kbit/s..... 19
7.1.2	Tolérance de gigue et de dérapage d'entrée à 2048 kbit/s..... 19
7.1.3	Tolérance de gigue et de dérapage d'entrée à 8448 kbit/s..... 20
7.1.4	Tolérance de gigue et de dérapage d'entrée à 34 368 kbit/s..... 21
7.1.5	Tolérance de gigue et de dérapage d'entrée à 139 264 kbit/s..... 22
7.2	Tolérance de gigue et de dérapage des interfaces de synchronisation 23
Annexe A – Modèle de réseau sur lequel repose la limite dans le réseau de synchronisation 24	
A.1	Introduction..... 24
A.2	Considérations sur le modèle de réseau 24
A.3	Informations concernant les simulations 27
Annexe B – Modèle et paramètres de référence pour le dérapage dans le réseau 28	
B.1	Modèle de référence pour le dérapage aux interfaces de trafic..... 28
B.1.1	Connexions PDH asynchrones 29
B.1.2	Connexions PDH synchrones 29
B.1.3	Spécification du dérapage au moyen du paramètre MRTIE 30

	Page
B.2 Modèle de référence pour le dérapage aux interfaces de synchronisation	30
B.2.1 Spécification du dérapage au moyen des paramètres MTIE et TDEV	32
Appendice I – Considérations sur les limites du dérapage dans les réseaux de transport SDH	32
I.1 Introduction	32
I.1.1 Modèle de référence pour le dérapage dans les réseaux SDH	32
I.1.2 Sources de dérapage	33
I.1.3 Effets de limitation de l'accumulation du dérapage	34
I.1.4 Configuration et qualité de fonctionnement du réseau	34
I.1.5 Corrélation des sources de dérapage	34
I.1.6 Caractéristiques de réseau pour les limites du dérapage de sortie	34
I.2 Déduction des limites de spécification du dérapage	35
I.2.1 Limites de spécification du dérapage	36
Appendice II – Méthodes de mesure du dérapage de sortie	37
II.1 Interfaces de synchronisation	37
II.1.1 Signaux synchrones	37
II.2 Interfaces de trafic	37
II.2.1 Signaux synchrones (débits binaires PDH)	37
II.2.2 Signaux asynchrones (débits binaires PDH)	38
Appendice III – Directives relatives à la mesure de la tolérance de gigue et de dérapage d'entrée des interfaces d'équipement	40

Introduction et contexte

Dans un réseau numérique, la gigue et le dérapage s'accumulent au fur et à mesure de leur production et selon les caractéristiques de transfert de chaque équipement interconnecté. Ces équipements peuvent par exemple consister en différents types de multiplexeurs/démultiplexeurs, de répartiteurs, d'horloges et de systèmes de ligne.

Un taux excessif de gigue et de dérapage peut avoir des effets défavorables sur les signaux aussi bien numériques (par exemple, production d'erreurs sur les bits, glissements ou autres anomalies) qu'analogiques (par exemple, modulation parasite de la phase du signal transmis). Les conséquences de ces dégradations dépendront en général du service particulier qui est acheminé et de l'équipement d'arrivée ou d'adaptation utilisé.

Il est donc indispensable d'imposer des limites aux valeurs maximales de la gigue et du dérapage, et à la tolérance minimale correspondante de gigue et de dérapage aux interfaces avec le réseau, afin de garantir une qualité des signaux transmis et une conception de l'équipement appropriées. Ces limites dans le réseau sont indépendantes du service particulier qui est acheminé.

Recommandation UIT-T G.823

Régulation de la gigue et du dérapage dans les réseaux numériques basés sur la hiérarchie à 2048 kbit/s

1 Domaine d'application

La présente Recommandation UIT-T spécifie les paramètres appropriés et leurs valeurs limites qui permettront de réguler de manière satisfaisante les taux de gigue et de dérapage aux interfaces de nœud de réseau (NNI, *network node interface*) en hiérarchie numérique plésiochrone (PDH, *plesiochronous digital hierarchy*) et dans les réseaux de synchronisation basés sur le débit binaire de premier niveau hiérarchique de 2048 kbit/s.

La présente Recommandation UIT-T établit aussi des prescriptions en matière de gigue et de dérapage aux interfaces utilisateur-réseau (UNI, *user-network interface*) en hiérarchie PDH. Toutefois, des terminaux ou des services particuliers peuvent faire l'objet de prescriptions supplémentaires en matière de gigue et de dérapage et, dans ces cas, les Recommandations UIT-T correspondantes devront être appliquées.

Les prescriptions relatives aux interfaces NNI en hiérarchie PDH et aux réseaux de synchronisation basés sur le débit binaire de premier niveau hiérarchique de 1544 kbit/s sont spécifiées dans la Recommandation UIT-T G.824, tandis que les prescriptions relatives aux interfaces NNI en hiérarchie numérique synchrone (SDH, *synchronous digital hierarchy*) sont spécifiées dans la Recommandation UIT-T G.825.

Les prescriptions en matière de gigue et de dérapage spécifiées dans la présente Recommandation UIT-T sont applicables aux interfaces, quel que soit le mécanisme de transport sous-jacent [réseau à hiérarchie PDH, SDH ou réseau en mode de transfert asynchrone (ATM, *asynchronous transfer mode*), par exemple].

Les prescriptions en matière de gigue et de dérapage relatives à une interface seront différentes, selon que le signal à l'interface est utilisé pour l'écoulement du trafic et/ou pour la synchronisation. Les prescriptions relatives aux interfaces aussi bien de trafic que de synchronisation sont spécifiées dans les paragraphes appropriés de la présente Recommandation UIT-T.

Un réseau de synchronisation qui est conforme aux limites de la gigue et du dérapage dans le réseau qui sont spécifiées dans la présente Recommandation UIT-T conviendra à la synchronisation des réseaux à hiérarchie SDH et du réseau téléphonique public commuté (RTPC).

La présente Recommandation UIT-T établit aussi des prescriptions en matière de gigue et de dérapage relatives aux interfaces employant les structures de trame génériques aux débits de hiérarchie PDH telles qu'elles sont définies dans la Recommandation UIT-T G.832.

Les caractéristiques électriques des interfaces de réseau à hiérarchie PDH correspondantes sont définies dans la Recommandation UIT-T G.703.

Les règles relatives à la régulation de la gigue et du dérapage établies dans la présente Recommandation UIT-T sont fondées sur la nécessité:

- a) de spécifier les limites maximales de la gigue et du dérapage qui ne devront pas être dépassées dans le réseau à une interface concernée quelconque;
- b) de spécifier la tolérance minimale de gigue et de dérapage qui devra être prévue pour l'équipement à une interface concernée quelconque;
- c) d'établir un cadre cohérent permettant de spécifier les différents types d'équipement numérique;

- d) de fournir aux organismes suffisamment d'informations et de directives pour leur permettre de mesurer et d'étudier les caractéristiques de la gigue et du dérapage dans une configuration de réseau quelconque.

2 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 tout 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.

- Recommandation UIT-T G.703 (1998), *Caractéristiques physiques et électriques des jonctions numériques hiérarchiques*.
- Recommandation UIT-T G.707 (1996), *Interface de nœud de réseau pour la hiérarchie numérique synchrone*.
- Recommandation UIT-T G.783 (1997), *Caractéristiques des blocs fonctionnels des équipements de la hiérarchie numérique synchrone*.
- Recommandation UIT-T G.803 (2000), *Architecture des réseaux de transport à hiérarchie numérique synchrone*.
- Recommandation UIT-T G.810 (1996), *Définitions et terminologie des réseaux de synchronisation*.
- Recommandation UIT-T G.811 (1997), *Caractéristiques de rythme des horloges de référence primaires*.
- Recommandation UIT-T G.812 (1998), *Spécifications de rythme des horloges asservies utilisées comme horloges nodales dans les réseaux de synchronisation*.
- Recommandation UIT-T G.813 (1996), *Caractéristiques de rythme des horloges asservies utilisées dans les équipements SDH*.
- Recommandation CCITT G.822 (1988), *Objectifs de limitation du taux de glissement commandé dans une communication numérique internationale*.
- Recommandation UIT-T G.824 (2000), *Régulation de la gigue et du dérapage dans les réseaux numériques fondés sur la hiérarchie à 1544 kbit/s*.
- Recommandation UIT-T G.825 (2000), *Régulation de la gigue et du dérapage dans les réseaux numériques à hiérarchie numérique synchrone*.
- Recommandation UIT-T G.832 (1998), *Transport d'éléments de la hiérarchie numérique synchrone sur des réseaux à hiérarchie numérique plésiochrone – Structure des trames et des multiplex*.
- Recommandation UIT-T O.150 (1996), *Prescriptions générales relatives aux appareils de mesure des caractéristiques de fonctionnement des équipements de transmission numérique*.
- Recommandation UIT-T O.171 (1997), *Appareil de mesure de la gigue et du dérapage de rythme dans les systèmes numériques à hiérarchie numérique plésiochrone*.
- Recommandation UIT-T O.172 (1999), *Appareil de mesure de la gigue et du dérapage dans les systèmes numériques à hiérarchie numérique synchrone*.

3 Définitions

La présente Recommandation définit les termes suivants. Des définitions supplémentaires relatives aux réseaux de synchronisation sont données dans la Recommandation UIT-T G.810, tandis que les principes relatifs à l'architecture des réseaux de synchronisation sont décrits dans la Recommandation UIT-T G.803.

Des informations concernant les modèles de référence de dérapage utilisés dans la présente Recommandation UIT-T sont données dans les Annexes A et B.

3.1 interface synchrone: interface dont le signal de sortie est à une fréquence normalement alignée sur celle d'une horloge de référence primaire.

3.2 interface asynchrone: interface dont le signal de sortie est à une fréquence qui n'est pas alignée sur celle d'une horloge de référence primaire, mais satisfait aux prescriptions relatives au décalage de fréquence données dans la Recommandation UIT-T G.703.

3.3 interface de trafic: interface asynchrone ou synchrone, et dont les limites de gigue et de dérapage dans le réseau sont spécifiées dans la présente Recommandation UIT-T au moyen du paramètre d'erreur relative maximale d'intervalle temporel (MRTIE). La tolérance de gigue et de dérapage d'entrée est aussi spécifiée dans la présente Recommandation UIT-T. Cette catégorie d'interface peut encore être subdivisée comme suit:

- a) interface ne pouvant pas fournir de signal de synchronisation, et qui n'y est pas tenue. Une interface admettant seulement des signaux de réseaux à hiérarchie PDH à 34 368 ou 139 264 kbit/s, conformément à la Recommandation UIT-T G.703, en constitue un exemple;
- b) interface ne pouvant pas fournir de signal de synchronisation au niveau de qualité défini, mais qui est néanmoins utilisée pour fournir le rythme aux autres éléments du réseau tels que les éléments de terminal, les concentrateurs éloignés, etc. Les signaux de réseaux à hiérarchie PDH à 2048, 34 368 et 139 264 kbit/s transportés sur des réseaux à hiérarchie SDH, qui peuvent être soumis à des justifications de pointeur, en constituent des exemples. La Recommandation UIT-T G.803 recommande que ces interfaces ne soient pas utilisées pour la synchronisation;
- c) interface pouvant fournir un signal de synchronisation au niveau de qualité donné, et définie alors comme étant une interface de synchronisation. Une interface de synchronisation fonctionnant à 2048 kbit/s, en constitue un exemple. Cette sous-catégorie peut aussi inclure des interfaces utilisant les structures de trame génériques aux débits de hiérarchie PDH telles que définies dans la Recommandation UIT-T G.832.

3.4 interface de synchronisation: interface synchrone et dont les limites de dérapage dans le réseau sont spécifiées au moyen des paramètres d'erreur maximale d'intervalle temporel (MTIE) et écart temporel (TDEV) dont les valeurs sont données dans la présente Recommandation UIT-T. La tolérance de gigue et de dérapage d'entrée des accès d'horloges est spécifiée dans d'autres Recommandations (se reporter au 7.2).

4 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes. Des abréviations supplémentaires relatives aux réseaux de synchronisation sont données dans la Recommandation UIT-T G.810.

ATM	mode de transfert asynchrone (<i>asynchronous transfer mode</i>)
AU-n	unité administrative de niveau n (<i>administrative unit, level n</i>)
CLK	horloge (<i>clock</i>)
CMI	signaux à inversions codées (<i>coded mark inversion</i>)
LPF	filtre passe-bas (<i>low-pass filter</i>)

MRTIE	erreur relative maximale d'intervalle temporel (<i>maximum relative time interval error</i>)
MS-AIS	signal d'indication d'alarme de section de multiplexage (<i>multiplex section alarm indication signal</i>)
MTIE	erreur maximale d'intervalle temporel (<i>maximum time interval error</i>)
NE	élément de réseau (<i>network element</i>)
NNI	interface de nœud de réseau (<i>network node interface</i>)
PDH	hiérarchie numérique plésiochrone (<i>plesiochronous digital hierarchy</i>)
pk-pk	crête à crête (<i>peak-to-peak</i>)
PLL	boucle à verrouillage de phase (<i>phase locked loop</i>)
ppm	parties par million
PRBS	séquence binaire pseudo-aléatoire (<i>pseudo-random binary sequence</i>)
PRC	horloge de référence primaire (<i>primary reference clock</i>)
RMS	écart quadratique moyen (<i>root mean square</i>)
RTIE	erreur relative d'intervalle temporel (<i>relative time interval error</i>)
RTPC	réseau téléphonique public commuté
SDH	hiérarchie numérique synchrone (<i>synchronous digital hierarchy</i>)
SEC	horloge d'équipement SDH (<i>SDH equipment clock</i>)
SSU	performance de l'unité de synchronisation (<i>synchronization supply unit</i>)
STM-N	module de transport synchrone de niveau N (<i>synchronous transport module, level N</i>)
TDEV	écart temporel (<i>time deviation</i>)
TIE	erreur d'intervalle temporel (<i>time interval error</i>)
TU-m	unité d'affluent de niveau m (<i>tributary unit, level m</i>)
UI	intervalle unitaire (<i>unit interval</i>)
UIpp	intervalle unitaire de crête à crête (<i>unit interval, peak-to-peak</i>)
UIT-T	Union internationale des télécommunications – Secteur de la normalisation des télécommunications
UNI	interface utilisateur-réseau (<i>user-network interface</i>)
UTC	temps universel coordonné (<i>universal time coordinated</i>)
VC-n	conteneur virtuel de niveau n (<i>virtual container, level n</i>)

5 Limites dans le réseau pour les interfaces de trafic

5.1 Limites dans le réseau pour la gigue de sortie aux interfaces de trafic

Les limites indiquées dans le présent paragraphe représentent les valeurs maximales admissibles de la gigue aux interfaces dans un réseau numérique. La gigue mesurée pendant un intervalle de 60 secondes ne devra pas dépasser les limites spécifiées dans le Tableau 1, lorsqu'on utilise les filtres de mesure spécifiés.

La relation entre les limites dans le réseau et la tolérance d'entrée est étroite, de sorte que les fréquences de coupure des filtres de mesure de la gigue utilisées dans le présent paragraphe ont les

mêmes valeurs que les fréquences de coude du gabarit de tolérance de gigue utilisées en 7.1. L'Appendice I/G.825 contient de plus amples informations sur cette relation.

Les limites indiquées dans le Tableau 1 devront être observées quelles que soient les conditions d'exploitation et quel que soit le nombre d'équipements précédant l'interface. En général, ces limites dans le réseau sont compatibles avec la tolérance minimale de gigue exigée de toutes les entrées d'équipements.

La description fonctionnelle de la mesure de la gigue de sortie à une interface numérique est donnée dans la Recommandation UIT-T O.172.

La caractéristique des filtres de mesure passe-haut du Tableau 1 est du premier ordre, tandis que leur facteur de coupure progressive est de 20 dB/décade. La caractéristique des filtres de mesure est une caractéristique de Butterworth, aussi uniforme que possible, et leur facteur de coupure progressive est de –60 dB/décade. D'autres spécifications relatives à la réponse en fréquence de la fonction de mesure de la gigue, telles que la précision des filtres de mesure et les pôles supplémentaires autorisés pour les filtres sont données dans la Recommandation UIT-T O.172.

Les appareils de mesure conformes aux Recommandations UIT-T O.172 et O.171 conviennent à la mesure de la gigue dans les systèmes SDH et PDH, respectivement.

NOTE – La Recommandation UIT-T O.172 comporte des spécifications, relatives aux ensembles d'essais destinés à mesurer les affluents SDH fonctionnant aux débits binaires PDH, où les prescriptions en matière d'ensemble d'essais sont plus rigoureuses que celles qui se rapportent aux systèmes PDH. Par conséquent, les appareils de mesure conformes à la Recommandation UIT-T O.172 devront être utilisés aux interfaces PDH des systèmes SDH.

Tableau 1/G.823 – Gigue maximale admissible aux interfaces de trafic

Interface	Fréquences (Hz) pour une largeur de bande de mesure de –3 dB	Amplitude de crête à crête (UIpp) (Note 3)
64 kbit/s (Note 1)	20 à 20 k	0,25
	3 k à 20 k	0,05
2048 kbit/s	20 à 100 k	1,5
	18 k à 100 k (Note 2)	0,2
8448 kbit/s	20 à 400 k	1,5
	3 k à 400 k (Note 2)	0,2
34 368 kbit/s	100 à 800 k	1,5
	10 k à 800 k	0,15
139 264 kbit/s	200 à 3,5 M	1,5
	10 k à 3,5 M	0,075

Tableau 1/G.823 – Gigue maximale admissible aux interfaces de trafic (*fin*)

NOTE 1 – Pour l'interface codirectionnelle seulement.

NOTE 2 – Pour les interfaces à 2048 kbit/s et 8448 kbit/s dans le réseau d'un même opérateur, on peut spécifier une fréquence de coupure passe-haut de 700 Hz (au lieu de 18 kHz) et de 80 kHz (au lieu de 3 kHz), respectivement. Toutefois, aux interfaces entre les réseaux de différents opérateurs, les valeurs du tableau s'appliquent, sauf convention contraire entre les parties concernées.

NOTE 3 –

64 kbit/s 1 UI = 15,6 μ s

2048 kbit/s 1 UI = 488 ns

8448 kbit/s 1 UI = 118 ns

34 368 kbit/s 1 UI = 29,1 ns

139 264 kbit/s 1 UI = 7,18 ns

5.2 Limites dans le réseau pour le dérapage de sortie aux interfaces de trafic

Les spécifications relatives aux erreurs MRTIE données dans le présent sous-paragraphe sont destinées à être appliquées aux interfaces PDH aussi bien asynchrones que synchrones. Se reporter aux Figures B.1 et B.2, respectivement, en ce qui concerne les configurations de réseau de référence. Dans le cas des interfaces asynchrones, un décalage de fréquence restant dans les limites spécifiées dans la Recommandation UIT-T G.703 est autorisé, outre le dérapage spécifié dans les sous-paragraphe suivants.

Il est prescrit que, dans un réseau synchronisé, l'équipement numérique installés aux nœuds soit adapté aux excursions de phase autorisées du signal entrant, de façon que, dans des conditions normales de synchronisation, il ne se produise pas de dégradations.

Toutefois, il faut signaler que, suite à certaines dégradations de qualité de fonctionnement, défaillances, opérations de maintenance ou suite à d'autres événements, la différence de phase entre le signal entrant et le signal de rythme interne de l'équipement d'arrivée pourra dépasser la tolérance de gigue et de dérapage de l'équipement, et donner lieu à un événement anormal tel qu'un glissement ou une séquence d'erreurs sur les bits.

En outre, à un nœud de connexion à un réseau synchronisé de manière indépendante (ou lorsque les réseaux nationaux fonctionnent en mode plésiochrone), la différence de phase entre le signal entrant et le signal de rythme interne de l'équipement d'arrivée peut éventuellement dépasser la tolérance de dérapage de l'équipement, auquel cas un événement anormal tel qu'un glissement pourra se produire. Le taux maximal admissible de glissement contrôlé moyen à long terme résultant de ce mécanisme est déduit de la qualité de fonctionnement de l'horloge définie dans la Recommandation UIT-T G.811, à savoir un glissement au plus en 70 jours.

NOTE – Les spécifications relatives au dérapage définies dans les sous-paragraphe suivants sont conformes à la déduction des limites dans le réseau décrite dans l'Appendice I dans le cas du transport sur les réseaux SDH.

Les prescriptions en matière de mesure du dérapage (par exemple, le temps d'échantillonnage et l'intervalle de mesure) relatives aux paramètres MTIE, MRTIE et TDEV, la caractéristique du filtre de mesure du dérapage à 10 Hz et la description fonctionnelle de la mesure du dérapage de sortie sont décrites dans la Recommandation UIT-T O.172.

Les appareils de mesure conformes à la Recommandation UIT-T O.172 conviennent à la mesure des paramètres de dérapage.

Les méthodes de mesure utilisées pour la mesure du paramètre MRTIE sont décrites dans l'Appendice II.

5.2.1 Limite du dérapage de sortie à une interface à 2048 kbit/s

Le niveau maximal du dérapage qui peut exister à une interface de réseau à 2048 kbit/s, exprimé en fonction de l'erreur MRTIE, ne devra pas dépasser la limite indiquée dans le Tableau 2. La spécification globale résultante est illustrée dans la Figure 1.

Tableau 2/G.823 – Limite du dérapage de sortie à une interface à 2048 kbit/s

Intervalle d'observation τ (sec)	Prescription relative à l'erreur MRTIE (μ s)
$0,05 < \tau \leq 0,2$	46τ
$0,2 < \tau \leq 32$	9
$32 < \tau \leq 64$	$0,28 \tau$
$64 < \tau \leq 1000$ (Note)	18
NOTE – Pour la configuration asynchrone (se reporter à la Figure B.1), l'intervalle d'observation maximal à prendre en compte est de 80 secondes.	

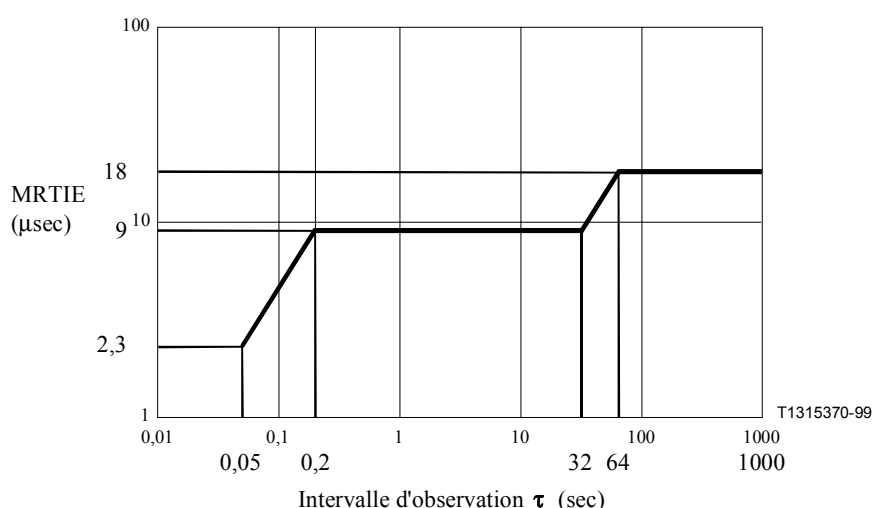


Figure 1/G.823 – Limite du dérapage de sortie à une interface à 2048 kbit/s

5.2.2 Limite du dérapage de sortie à une interface à 34 368 kbit/s

Le niveau maximal du dérapage qui peut exister à une interface de réseau à 34 368 kbit/s, exprimé en fonction de l'erreur MRTIE, ne devra pas dépasser la limite indiquée dans le Tableau 3. La spécification globale résultante est illustrée dans la Figure 2.

NOTE – La trame des signaux à 34 368 kbit/s peut se faire conformément à la Recommandation UIT-T G.832.

Tableau 3/G.823 – Limite du dérapage de sortie à une interface à 34 368 kbit/s

Intervalle d'observation τ (sec)	Prescription relative à l'erreur MRTIE (μ s)
$0,05 < \tau \leq 0,073$	14τ
$0,073 < \tau \leq 2,5$	1
$2,5 < \tau \leq 10$	$0,4 \tau$
$10 < \tau \leq 80$	4

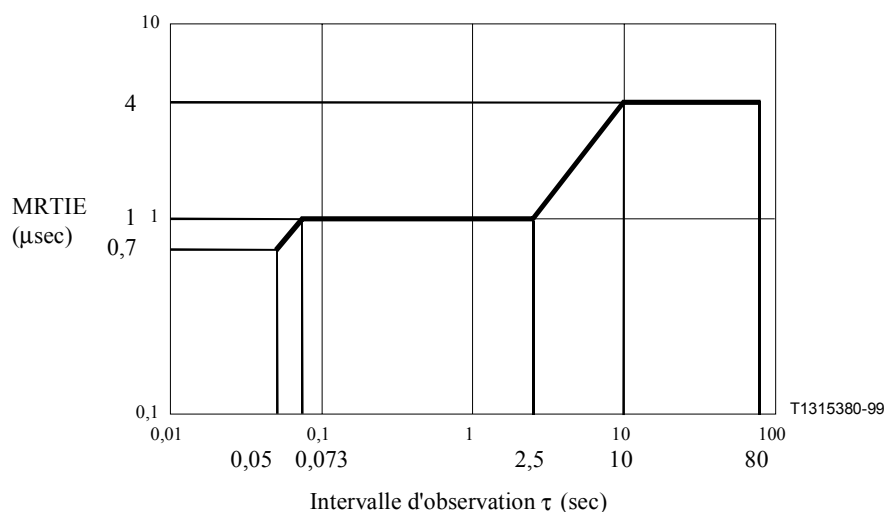


Figure 2/G.823 – Limite du dérapage de sortie à une interface à 34 368 kbit/s

5.2.3 Limite du dérapage de sortie à une interface à 139 264 kbit/s

Le niveau maximal de dérapage qui peut exister à une interface de réseau à 139 264 kbit/s, exprimé en fonction de l'erreur MRTIE, ne devra pas dépasser la limite indiquée dans le Tableau 4. La spécification globale résultante est illustrée dans la Figure 3.

NOTE – La trame des signaux à 139 264 kbit/s peut se faire conformément à la Recommandation UIT-T G.832.

Tableau 4/G.823 – Limite du dérapage de sortie à une interface à 139 264 kbit/s

Intervalle d'observation τ (sec)	Prescription relative à l'erreur MRTIE (μ s)
$0,05 < \tau \leq 0,15$	$6,8 \tau$
$0,15 < \tau \leq 2,5$	1
$2,5 < \tau \leq 10$	$0,4 \tau$
$10 < \tau \leq 80$	4

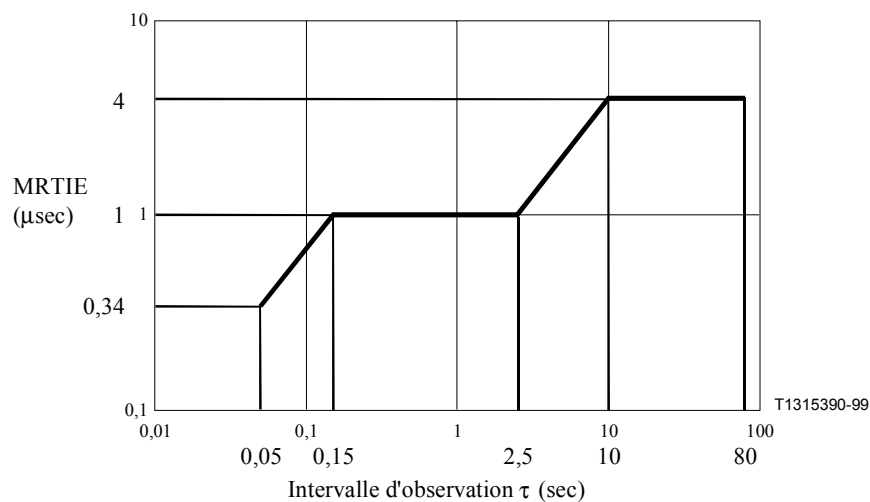


Figure 3/G.823 – Limite du dérapage de sortie à une interface à 139 264 kbit/s

6 Limites dans le réseau pour les interfaces de synchronisation

La spécification des limites dans le réseau pour les interfaces de synchronisation est avant tout destinée à rendre compte des résultats d'une analyse théorique des cas les plus défavorables d'accumulation de gigue et de dérapage dans un réseau de synchronisation. Ces valeurs seront ensuite utilisées pour établir des prescriptions en matière de tolérance relatives à l'équipement de synchronisation.

Il devrait toutefois aussi être possible de vérifier à l'aide de mesures dans un réseau réel que la gigue et le dérapage à une interface particulière ne dépassent pas les limites spécifiées. L'emplacement de l'interface dans la chaîne de synchronisation de ce réseau détermine la marge à laquelle on peut s'attendre en ce qui concerne les limites dans le réseau.

Comme illustré dans la Figure B.3, une unité SSU peut recevoir son rythme par l'intermédiaire d'une chaîne de distribution SDH ou PDH. La limite dans le réseau à la sortie de ces chaînes de distribution représente le taux de gigue et de dérapage qu'une unité SSU peut admettre en entrée. Puisque le taux de gigue autorisé aux interfaces PDH est supérieur à celui autorisé aux interfaces SDH de module de transport synchrone de niveau N (STM-N, *synchronous transport module, level N*), la limite dans le réseau pour les sorties de distribution PDH représente le cas le plus défavorable qui devrait être toléré à l'entrée de l'unité SSU.

La tolérance de gigue et de dérapage d'une horloge SEC devrait (au moins) être égale au taux de gigue et de dérapage en entrée de la dernière horloge SEC d'une chaîne de synchronisation. Puisque la contribution de la dernière horloge SEC de la chaîne à la limite dans le réseau aux sorties des horloges SEC (à savoir, le taux de gigue et de dérapage auquel on peut s'attendre à la sortie de la dernière horloge de la chaîne) est petite, la limite dans le réseau à l'interface de sortie de l'horloge SEC peut être utilisée comme prescription en matière de tolérance et de gigue pour une horloge SEC.

6.1 Limites dans le réseau pour la gigue de sortie aux interfaces de synchronisation

Les composantes maximales admissibles de bruit à haute fréquence d'un signal de rythme sont spécifiées par les limites dans le réseau pour la gigue indiquées dans le Tableau 5. Ces limites dans le réseau sont compatibles avec la tolérance minimale de gigue exigée des accès d'entrée de l'équipement de l'horloge. Les limites indiquées dans le Tableau 5 devront être satisfaites dans toutes les conditions de fonctionnement aux interfaces de synchronisation à 2048 kbit/s et 2048 kHz.

La gigue mesurée pendant un intervalle de 60 secondes ne devra pas dépasser les limites spécifiées, lorsqu'on utilise les filtres de mesure spécifiés.

La description fonctionnelle de la mesure de la gigue de sortie à une interface numérique est donnée dans la Recommandation UIT-T O.172. D'autres prescriptions relatives à la mesure de la gigue sont définies au 5.1.

Tableau 5/G.823 – Gigue maximale admissible aux interfaces de synchronisation

Interface de sortie	Fréquences (Hz) pour une largeur de bande de mesure de –3 dB	Amplitude de crête à crête (UIpp)
horloge PRC	20 à 100 k	0,05
unité SSU	20 à 100 k	0,05
horloge SEC	20 à 100 k	0,5
	49 à 100 k	0,2
synchronisation PDH	20 à 100 k	1,5
	18 k à 100 k	0,2
NOTE – Pour les interfaces de synchronisation à 2048 kbit/s et 2048 kHz, l'intervalle UIpp se rapporte à l'inverse de la fréquence de l'horloge.		

6.2 Limites dans le réseau pour le dérapage de sortie aux interfaces de synchronisation

Aux très basses fréquences, les réseaux de synchronisation sont transparents au dérapage. Par conséquent, deux signaux reçus au même nœud qui ont acquis leur rythme auprès de la même source mais suivant des conduits différents, peuvent dans le cas le plus défavorable avoir des excursions de phase opposées. La tolérance minimale de dérapage, dans le domaine de fréquences où l'équipement concerné est affecté par la variation de phase différentielle entre deux signaux entrants, est donc supérieure à la limite dans le réseau pour le dérapage absolu. La qualité de fonctionnement d'une horloge est influencée seulement par la variation de phase qui se produit à l'entrée de synchronisation choisie. C'est pour cette raison que les limites absolues dans le réseau indiquées dans les sous-paragraphes suivants peuvent être directement utilisées pour spécifier la tolérance de dérapage de l'unité SSU et de l'horloge SEC.

Les prescriptions en matière de limites dans le réseau relatives à l'écart TDEV ont été obtenues par une simulation, en tenant compte du bilan de dérapage de 18 µs et des prescriptions de la Recommandation UIT-T G.822 (de plus amples informations sont données dans l'Annexe A). Toutefois, un important dérapage diurne de période d'un jour et de caractéristique sinusoïdale peut entraîner le dépassement de la limite dans le réseau pour l'écart TDEV (aux unités SSU, aux horloges SEC ou aux interfaces PDH), même si la prescription correspondante relative à l'erreur MTIE est satisfaite. La raison en est que le paramètre d'écart TDEV ne filtre pas bien les composantes sinusoïdales du dérapage.

On a choisi parmi les nombreuses caractéristiques de synchronisation disponibles celles qui permettent de procéder aussi bien à la normalisation qu'à la vérification opérationnelle. On a estimé qu'elles fournissent suffisamment d'informations pour assurer une exploitation satisfaisante des réseaux SDH et RTPC.

Les prescriptions en matière de mesure du dérapage (par exemple, le temps d'échantillonnage et l'intervalle de mesure) relatives aux paramètres MTIE et TDEV, la caractéristique du filtre de mesure du dérapage à 10 Hz et la description fonctionnelle de la mesure du dérapage de sortie sont décrites dans la Recommandation UIT-T O.172.

Les appareils de mesure conformes à la Recommandation UIT-T O.172 conviennent à la mesure des paramètres de dérapage.

Les méthodes de mesure utilisées pour la mesure du paramètre MTIE sont décrites dans l'Appendice II.

6.2.1 Limite du dérapage de sortie à une interface d'horloge PRC

La limite dans le réseau pour le dérapage à l'interface de sortie d'une horloge PRC, exprimée en fonction de l'erreur MTIE, est donnée dans le Tableau 6. La spécification globale résultante est illustrée dans la Figure 4.

Tableau 6/G.823 – Limite dans le réseau pour le dérapage aux interfaces d'horloge PRC exprimée en fonction de l'erreur MTIE

Intervalle d'observation τ (sec)	Prescription relative à l'erreur MTIE (ns)
$0,1 < \tau \leq 1000$	$25 + 0,275 \tau$
$\tau > 1000$	$290 + 0,01 \tau$

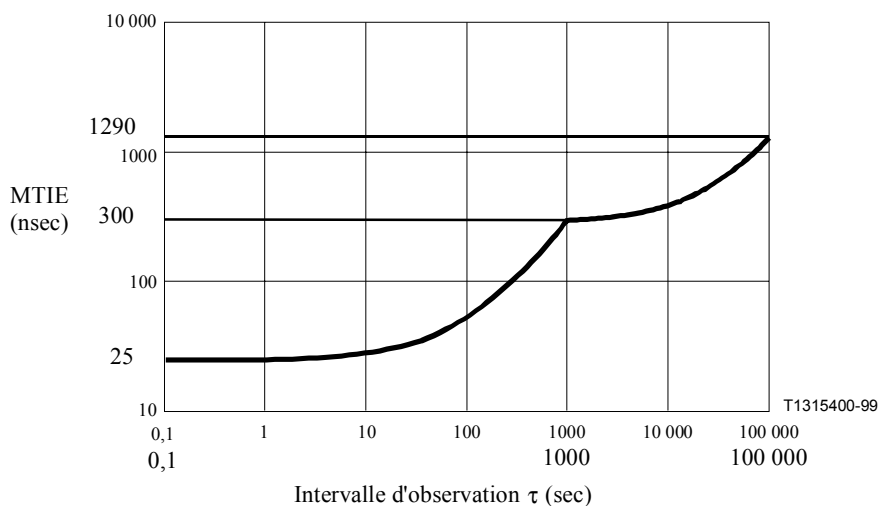


Figure 4/G.823 – Limite dans le réseau pour le dérapage (en fonction de l'erreur MTIE) aux interfaces d'horloge PRC

La limite dans le réseau pour le dérapage à l'interface de sortie d'une horloge PRC, exprimée en fonction de l'écart TDEV, est donnée dans le Tableau 7. La spécification globale résultante est illustrée dans la Figure 5.

Tableau 7/G.823 – Limite dans le réseau pour le dérapage aux interfaces d'horloge PRC exprimée en fonction de l'écart TDEV

Intervalle d'observation τ (sec)	Prescription relative à l'écart TDEV (ns)
$0,1 < \tau \leq 100$	3
$100 < \tau \leq 1\,000$	$0,03 \tau$
$1\,000 < \tau \leq 10\,000$	30
$10\,000 < \tau \leq 1\,000\,000$	$27 + 0,0003 \tau$

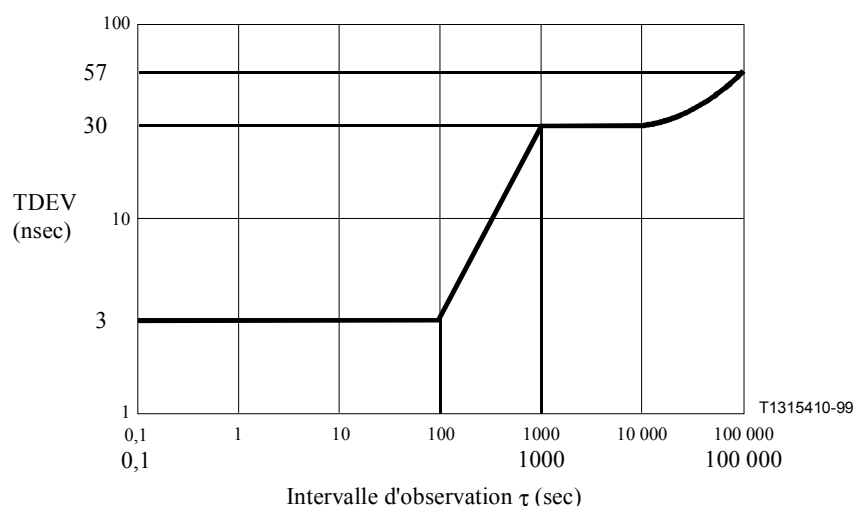


Figure 5/G.823 – Limite dans le réseau pour le dérapage (en fonction de l'écart TDEV) aux interfaces d'horloge PRC

6.2.2 Limite du dérapage de sortie à une interface d'unité SSU

La limite dans le réseau pour le dérapage à l'interface de sortie d'une unité SSU, exprimée en fonction de l'erreur MTIE, est donnée dans le Tableau 8. La spécification globale résultante est illustrée dans la Figure 6.

NOTE – Les valeurs sont données par rapport au temps UTC, c'est-à-dire qu'elles comprennent le dérapage de l'horloge PRC.

Tableau 8/G.823 – Limite dans le réseau pour le dérapage aux interfaces d'unité SSU exprimée en fonction de l'erreur MTIE

Intervalle d'observation τ (sec)	Prescription relative à l'erreur MTIE (ns)
$0,1 < \tau \leq 2,5$	25
$2,5 < \tau \leq 200$	10τ
$200 < \tau \leq 2000$	2000
$\tau > 2000$	$433 \tau^{0,2} + 0,01 \tau$

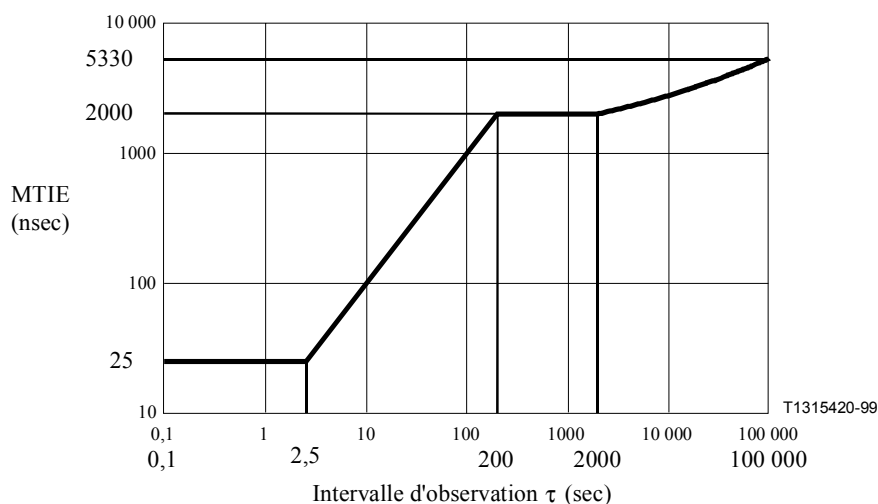


Figure 6/G.823 – Limite dans le réseau pour le dérapage (en fonction de l'erreur MTIE) aux interfaces d'unité SSU

La limite dans le réseau pour le dérapage à l'interface de sortie d'une unité SSU, exprimée en fonction de l'écart TDEV, est donnée dans le Tableau 9. La spécification globale résultante est illustrée dans la Figure 7.

Tableau 9/G.823 – Limite dans le réseau pour le dérapage aux interfaces d'unité SSU exprimée en fonction de l'écart TDEV

Intervalle d'observation τ (sec)	Prescription relative à l'écart TDEV (ns)
$0,1 < \tau \leq 4,3$	3
$4,3 < \tau \leq 100$	$0,7 \tau$
$100 < \tau \leq 1\,000\,000$	$58 + 1,2 \tau^{0,5} + 0,0003 \tau$

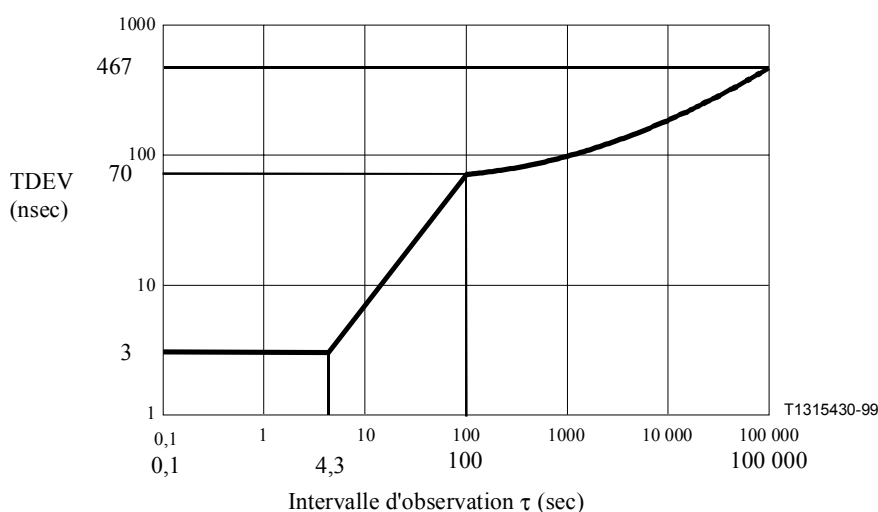


Figure 7/G.823 – Limite dans le réseau pour le dérapage (en fonction de l'écart TDEV) aux interfaces d'unité SSU

6.2.3 Limite du dérapage de sortie à une interface d'horloge SEC

La limite dans le réseau pour le dérapage à l'interface de sortie d'une horloge SEC, exprimée en fonction de l'erreur MTIE, est donnée dans le Tableau 10. La spécification globale résultante est illustrée dans la Figure 8.

NOTE – Les valeurs sont données par rapport au temps UTC, c'est-à-dire qu'elles comprennent le dérapage de l'horloge PRC.

Tableau 10/G.823 – Limite dans le réseau pour le dérapage aux interfaces d'horloge SEC exprimée en fonction de l'erreur MTIE

Intervalle d'observation τ (sec)	Prescription relative à l'erreur MTIE (ns)
$0,1 < \tau \leq 2,5$	250
$2,5 < \tau \leq 20$	100τ
$20 < \tau \leq 2000$	2000
$\tau > 2000$	$433 \tau^{0,2} + 0,01 \tau$

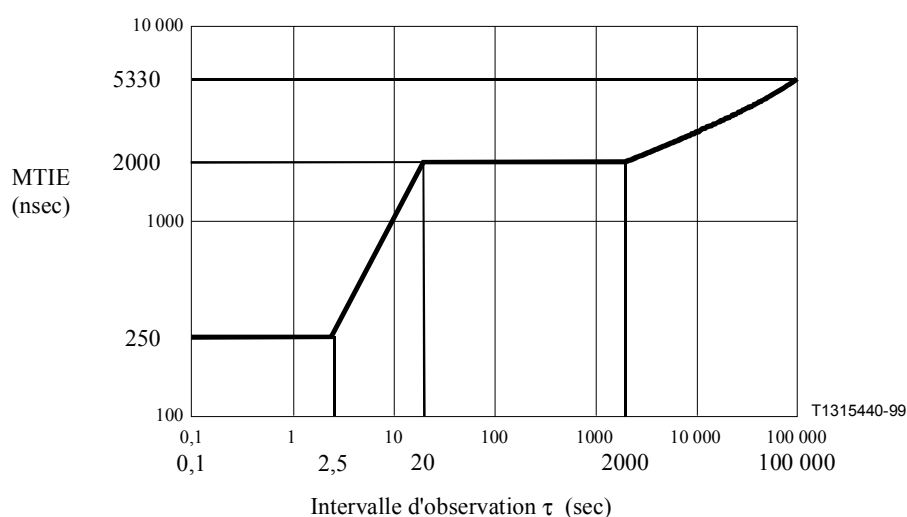


Figure 8/G.823 – Limite dans le réseau pour le dérapage (en fonction de l'erreur MTIE) aux interfaces d'horloge SEC

La limite dans le réseau pour le dérapage à l'interface de sortie d'une horloge SEC, exprimée en fonction de l'écart TDEV, est donnée dans le Tableau 11. La spécification globale résultante est illustrée dans la Figure 9.

Tableau 11/G.823 – Limite dans le réseau pour le dérapage aux interfaces d'horloge SEC exprimée en fonction de l'écart TDEV

Intervalle d'observation τ (sec)	Prescription relative à l'écart TDEV (ns)
$0,1 < \tau \leq 17,14$	12
$17,14 < \tau \leq 100$	$0,7 \tau$
$100 < \tau \leq 1\,000\,000$	$58 + 1,2 \tau^{0,5} + 0,0003 \tau$

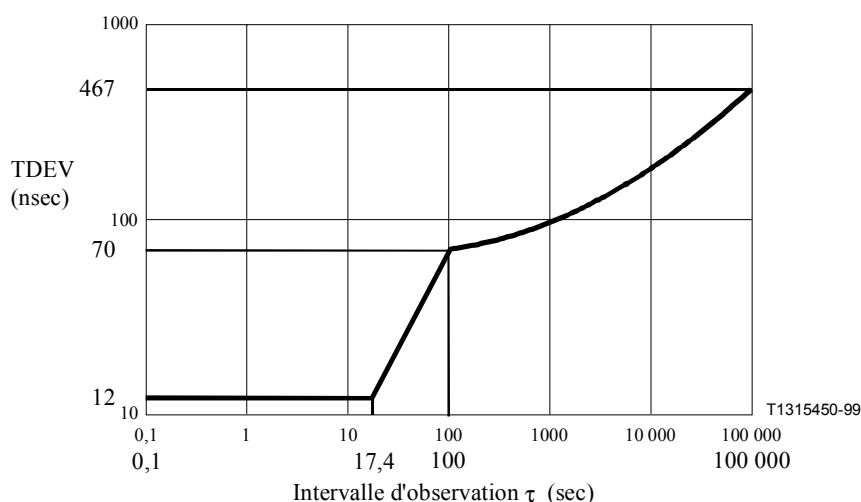


Figure 9/G.823 – Limite dans le réseau pour le dérapage (en fonction de l'écart TDEV) aux interfaces d'horloge SEC

6.2.4 Limite du dérapage de sortie à une interface de synchronisation PDH

La limite dans le réseau pour le dérapage à une interface de sortie de synchronisation PDH, exprimée en fonction de l'erreur MTIE, est donnée dans le Tableau 12. La spécification globale résultante est illustrée dans la Figure 10.

NOTE 1 – La limite du dérapage de sortie doit encore être examinée dans le cas où un signal à 34 368 kbit/s ou à 139 264 kbit/s, tramé conformément à la Recommandation UIT-T G.832, est utilisé comme interface de synchronisation.

Tableau 12/G.823 – Limite dans le réseau pour le dérapage aux interfaces de synchronisation PDH exprimée en fonction de l'erreur MTIE

Intervalle d'observation τ (sec)	Prescription relative à l'erreur MTIE (ns)
$0,1 < \tau \leq 7,3$	732
$7,3 < \tau \leq 20$	100τ
$20 < \tau \leq 2000$	2000
$\tau > 2000$	$433 \tau^{0,2} + 0,01 \tau$

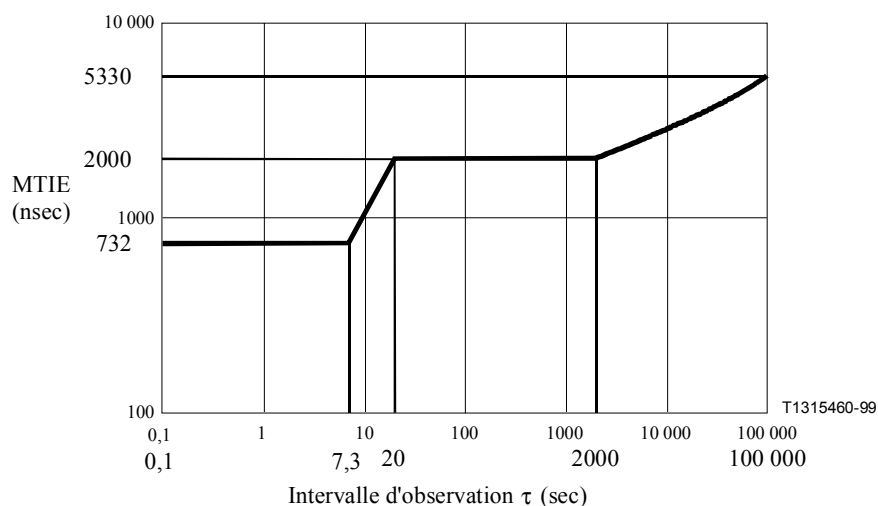


Figure 10/G.823 – Limite dans le réseau pour le dérapage (en fonction de l'erreur MTIE) aux interfaces de synchronisation PDH

La limite dans le réseau pour le dérapage à une interface de sortie de synchronisation PDH, exprimée en fonction de l'écart TDEV, est donnée dans le Tableau 13. La spécification globale résultante est illustrée dans la Figure 11.

NOTE 2 – La limite du dérapage de sortie doit encore être examinée dans le cas où un signal à 34 368 kbit/s ou à 139 264 kbit/s, tramé conformément à la Recommandation UIT-T G.832, est utilisé comme interface de synchronisation.

Tableau 13/G.823 – Limite dans le réseau pour le dérapage aux interfaces de synchronisation PDH exprimée en fonction de l'écart TDEV

Intervalle d'observation τ (sec)	Prescription relative à l'écart TDEV (ns)
$0,1 < \tau \leq 48$	34
$48 < \tau \leq 100$	$0,7 \tau$
$100 < \tau \leq 1\,000\,000$	$58 + 1,2 \tau^{0,5} + 0,0003 \tau$

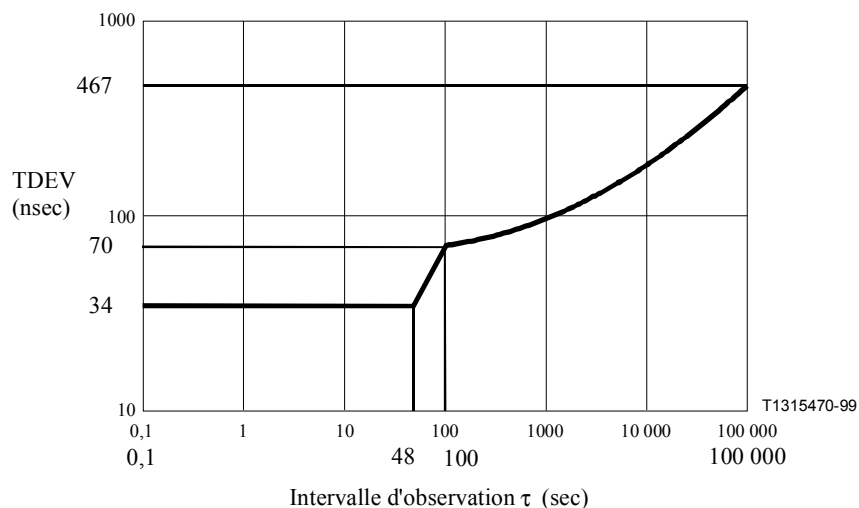


Figure 11/G.823 – Limite dans le réseau pour le dérapage (en fonction de l'écart DEV) aux interfaces de synchronisation PDH

7 Tolérance de gigue et de dérapage des interfaces de réseau

7.1 Tolérance de gigue et de dérapage des interfaces de trafic

Afin qu'en général un équipement quelconque d'un réseau puisse être connecté à une interface appropriée quelconque, il faut faire en sorte que les accès d'entrée de tous les types d'équipement soient en mesure de tolérer des niveaux de gigue et de dérapage qui atteignent au moins les limites minimales définies dans les sous-paragraphe suivants.

La tolérance de gigue et de dérapage d'une interface PDH indique le niveau minimal de bruit de phase que l'accès d'entrée devra tolérer:

- a) sans entraîner d'alerte;
- b) sans entraîner de glissement;
- c) sans entraîner d'erreur sur les bits.

Tous les accès d'entrée numérique des équipements devront pouvoir tolérer un signal numérique dont:

- a) les caractéristiques électriques sont conformes aux prescriptions de la Recommandation UIT-T G.703;
- b) le décalage de fréquence est constant (par rapport à la valeur nominale) dans le domaine défini au Tableau 14;
- c) le taux de variation de fréquence est d'au moins 1 ppm/minute pour les interfaces à 2048 kbit/s et d'au moins 0,5 ppm/minute pour les interfaces à 34 368 kbit/s et à 139 264 kbit/s;
- d) la relation amplitude-fréquence pour l'excursion de phase sinusoïdale est celle qui est définie dans les sous-paragraphe suivants.

En principe, toutes ces prescriptions devront être satisfaites, quel que soit les informations acheminées par le signal numérique. Toutefois, aux fins d'essais, le contenu du signal modulé par la gigue et le dérapage devrait consister en une séquence d'essai structurée de la manière définie dans les sous-paragraphe suivants.

En ce qui concerne la spécification ou l'évaluation de la tolérance de l'interface, on peut distinguer deux types de conditions de fonctionnement des équipements:

- a) le fonctionnement non synchronisé, où l'équipement récepteur ne reçoit pas son rythme d'une source synchrone avec l'interface considérée. Dans ce cas, ce qui importe c'est la capacité de l'équipement à tolérer une variation de phase du signal entrant (au moyen d'un circuit de rétablissement de la synchronisation et de tampons synchroniseurs/désynchroniseurs);
- b) le fonctionnement synchronisé, où l'équipement récepteur reçoit son rythme d'une source qui est synchrone avec l'interface considérée. Dans ce cas, la dimension et le fonctionnement de l'amortisseur de glissement ont aussi leur importance.

Sauf mention contraire, les spécifications relatives à la tolérance dans les sous-paragraphes suivants s'appliquent aux conditions de fonctionnement aussi bien non synchronisé que synchronisé.

La spécification relative à l'amplitude de la phase de crête à crête au-dessus de 10 Hz correspond à la valeur maximale admissible de gigue dans un réseau numérique. Toutefois, la spécification en dessous de 10 Hz n'a pas pour but de représenter la gigue maximale admissible qui pourrait se produire dans la pratique. En dessous de 10 Hz, les limites déduites sont telles que la fourniture, lorsque cela est nécessaire, de ce niveau de mémoire tampon à l'entrée d'un équipement facilite l'adaptation à la gigue produite dans de nombreuses connexions réelles.

Pour la commodité des essais, la tolérance exigée est définie en fonction de l'amplitude de crête à crête et de la fréquence de la gigue sinusoïdale qui module une séquence d'essai numérique. Il est important de signaler que cette condition d'essai n'est pas en elle-même destinée à représenter le type de gigue rencontré dans la pratique dans un réseau.

L'Appendice III donne des indications concernant le dispositif de mesure de la tolérance de gigue et de dérapage d'entrée.

Les appareils de mesure conformes à la Recommandation UIT-T O.171 conviennent à la production de gigue et de dérapage dans les systèmes PDH.

Tableau 14/G.823 – Décalage maximal de fréquence aux interfaces de trafic

Interface	Décalage maximal de fréquence ($\pm$ ppm)	Exemple d'application
64 kbit/s	0	Voie d'entrée de commutateur
2048 kbit/s	0	Point de sous-répartition 1/0 de commutateur
	4,6	Mappage synchrone en octets dans le système SDH
	50	Mappage asynchrone dans le système SDH pour le système PDH
8448 kbit/s	30	Système PDH
34 368 kbit/s	20	Mappage asynchrone dans le système SDH pour le système PDH
	4,6	Signal défini dans la Recommandation UIT-T G.832
139 264 kbit/s	15	Mappage asynchrone dans le système SDH pour le système PDH
	4,6	Signal défini dans la Recommandation UIT-T G.832
NOTE – Les valeurs du décalage de fréquence sont conformes à celles des Recommandations UIT-T G.703 et G.813.		

7.1.1 Tolérance de gigue et de dérapage d'entrée à 64 kbit/s

Le niveau de gigue et de dérapage qui peut être toléré par une interface codirectionnelle de réseau à 64 kbit/s, exprimé en fonction de l'amplitude de phase sinusoïdale de crête à crête, devra dépasser les valeurs données dans le Tableau 15. La spécification globale résultante est illustrée dans la Figure 12. La séquence d'essai à utiliser est une séquence PRBS de longueur $2^{11} - 1$, définie dans la Recommandation UIT-T O.150.

Tableau 15/G.823 – Prescription minimale pour la tolérance de gigue et de dérapage d'entrée à 64 kbit/s

Fréquence f (Hz)	Prescription (amplitude de phase pk-pk)
$12 \mu < f \leq 4,3$	18 μ s
$4,3 < f \leq 20$	$77 f^{-1} \mu$ s
$20 < f \leq 600$	0,25 UI
$600 < f \leq 3 \text{ k}$	$150 f^{-1} \text{ UI}$
$3 \text{ k} < f \leq 20 \text{ k}$	0,05 UI
NOTE – 1 UI = 15,6 μ s.	

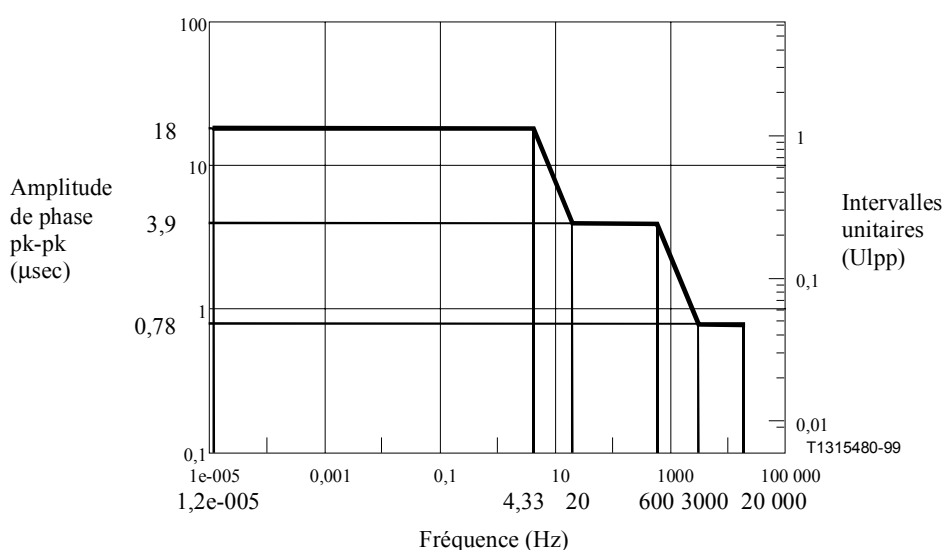


Figure 12/G.823 – Limite de la tolérance de gigue et de dérapage d'entrée à 64 kbit/s

7.1.2 Tolérance de gigue et de dérapage d'entrée à 2048 kbit/s

Le niveau de gigue et de dérapage qui peut être toléré par une interface de réseau à 2048 kbit/s, exprimé en fonction de l'amplitude de phase sinusoïdale de crête à crête, devra dépasser les valeurs données dans le Tableau 16. La spécification globale résultante est illustrée dans la Figure 13. La séquence d'essai à utiliser est une séquence PRBS de longueur $2^{15} - 1$, définie dans la Recommandation UIT-T O.150.

Tableau 16/G.823 – Prescription minimale pour la tolérance de gigue et de dérapage d'entrée à 2048 kbit/s

Fréquence f (Hz)	Prescription (amplitude de phase pk-pk)
$12 \mu < f \leq 4,88 \text{ m}$	18 μs
$4,88 \text{ m} < f \leq 10 \text{ m}$	$0,088 f^{-1} \mu\text{s}$
$10 \text{ m} < f \leq 1,67$	8,8 μs
$1,67 < f \leq 20$	$15 f^{-1} \mu\text{s}$
$20 < f \leq 2,4 \text{ k}$ (Note 1)	1,5 UI
$2,4 \text{ k} < f \leq 18 \text{ k}$ (Note 1)	$3,6 \times 10^3 f^{-1} \text{ UI}$
$18 \text{ k} < f \leq 100 \text{ k}$ (Note 1)	0,2 UI

NOTE 1 – Pour les interfaces à 2048 kbit/s dans le réseau d'un même opérateur, on peut spécifier des fréquences de 93 Hz (au lieu de 2,4 kHz) et de 700 Hz (au lieu de 18 kHz). Toutefois, aux interfaces entre les réseaux de différents opérateurs, les valeurs du tableau s'appliquent, sauf convention contraire entre les parties concernées.

NOTE 2 – 1 UI = 488 ns.

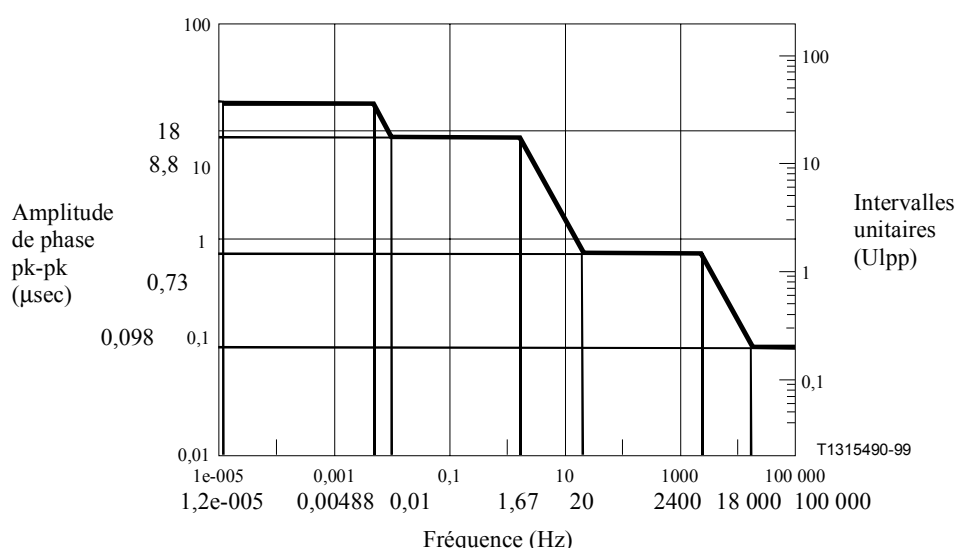


Figure 13/G.823 – Limite de la tolérance de gigue et de dérapage d'entrée à 2048 kbit/s

7.1.3 Tolérance de gigue et de dérapage d'entrée à 8448 kbit/s

Le niveau de gigue et de dérapage qui peut être toléré par une interface de réseau à 8448 kbit/s, exprimé en fonction de l'amplitude de phase sinusoïdale de crête à crête, devra dépasser les valeurs données dans le Tableau 17. La spécification globale résultante est illustrée dans la Figure 14. La séquence d'essai à utiliser est une séquence PRBS de longueur $2^{15} - 1$, définie dans la Recommandation UIT-T O.150.

NOTE – Les prescriptions relatives à la tolérance pour des fréquences inférieures à 20 Hz ne sont pas définies parce qu'un mappage à 8448 kbit/s pour les réseaux SDH n'a pas été défini dans la Recommandation UIT-T G.707.

Tableau 17/G.823 – Prescription minimale pour la tolérance de gigue et de dérapage d'entrée à 8448 kbit/s

Fréquence f (Hz)	Prescription (amplitude de phase pk-pk)
$20 < f \leq 400$ (Note 1)	1,5 UI
$400 < f \leq 3 \text{ k}$ (Note 1)	$600 f^{-1}$ UI
$3 \text{ k} < f \leq 400 \text{ k}$ (Note 1)	0,2 UI

NOTE 1 – Pour les interfaces à 8448 kbit/s dans le réseau d'un même opérateur, on peut spécifier des fréquences de 10,7 kHz (au lieu de 400 Hz) et de 80 kHz (au lieu de 3 kHz). Toutefois, aux interfaces entre les réseaux de différents opérateurs, les valeurs du tableau s'appliquent, sauf convention contraire entre les parties concernées.

NOTE 2 – 1 UI = 118 ns.

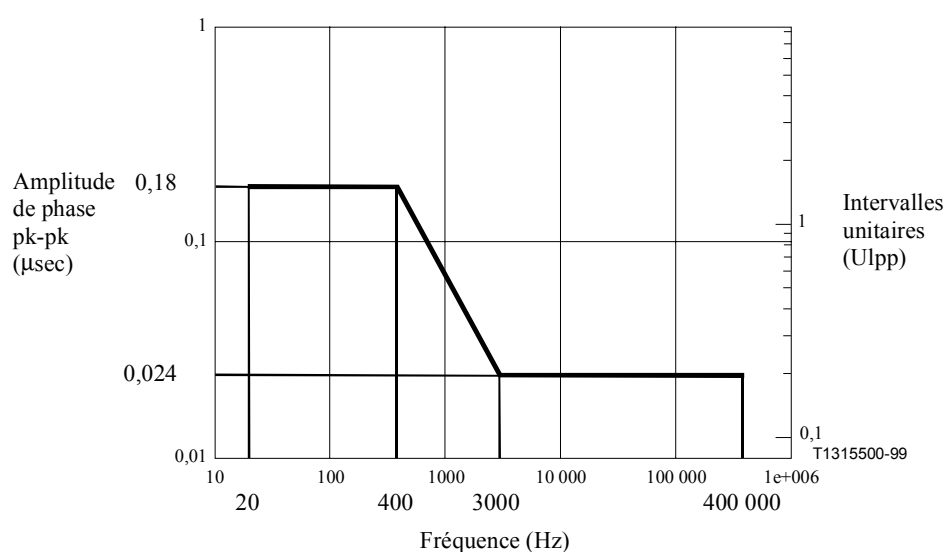


Figure 14/G.823 – Limite de la tolérance de gigue et de dérapage d'entrée à 8448 kbit/s

7.1.4 Tolérance de gigue et de dérapage d'entrée à 34 368 kbit/s

Le niveau de gigue et de dérapage qui peut être toléré par une interface de réseau à 34 368 kbit/s, exprimé en fonction de l'amplitude de phase sinusoïdale de crête à crête, devra dépasser les valeurs données dans le Tableau 18. La spécification globale résultante est illustrée dans la Figure 15. La séquence d'essai à utiliser est une séquence PRBS de longueur $2^{23} - 1$, définie dans la Recommandation UIT-T O.150; la séquence d'essai à utiliser pour les signaux conformes à la Recommandation UIT-T G.832 doit encore être examinée.

Tableau 18/G.823 – Prescription minimale pour la tolérance de gigue et de dérapage d'entrée à 34 368 kbit/s

Fréquence f (Hz)	Prescription (amplitude de phase pk-pk)
$10 \text{ m} < f \leq 32 \text{ m}$	$4 \text{ } \mu\text{s}$
$32 \text{ m} < f \leq 130 \text{ m}$	$0,13 f^{-1} \text{ } \mu\text{s}$
$130 \text{ m} < f \leq 4,4$	$1 \text{ } \mu\text{s}$
$4,4 < f \leq 100$	$4,4 f^{-1} \text{ } \mu\text{s}$
$100 < f \leq 1 \text{ k}$	$1,5 \text{ UI}$
$1 \text{ k} < f \leq 10 \text{ k}$	$1,5 \times 10^3 f^{-1} \text{ UI}$
$10 \text{ k} < f \leq 800 \text{ k}$	$0,15 \text{ UI}$
NOTE – 1 UI = 29,1 ns.	

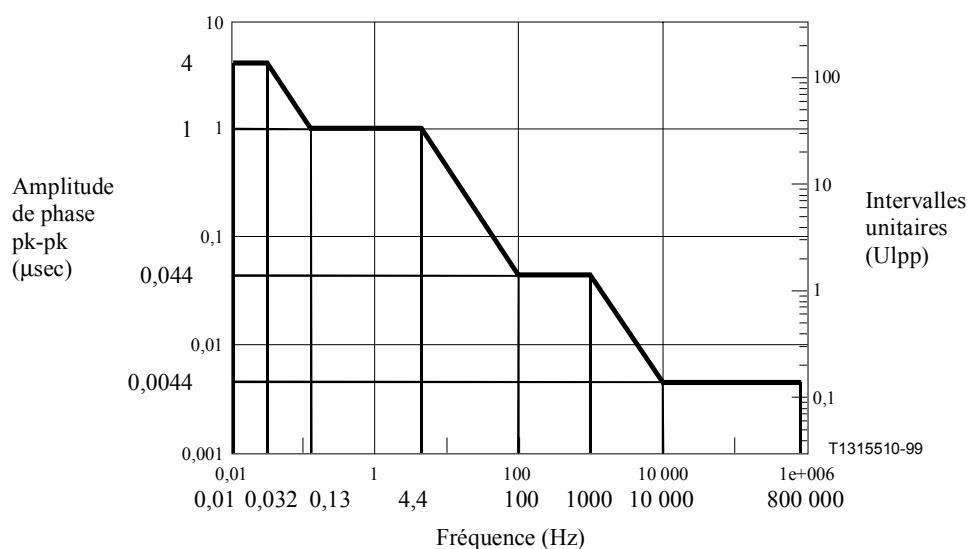


Figure 15/G.823 – Limite de la tolérance de gigue et de dérapage d'entrée à 34 368 kbit/s

7.1.5 Tolérance de gigue et de dérapage d'entrée à 139 264 kbit/s

Le niveau de gigue et de dérapage qui peut être toléré par une interface de réseau à 139 264 kbit/s, exprimé en fonction de l'amplitude de phase sinusoïdale de crête à crête, devra dépasser les valeurs données dans le Tableau 19. La spécification globale résultante est illustrée dans la Figure 16. La séquence d'essai à utiliser est une séquence PRBS de longueur $2^{23} - 1$, définie dans la Recommandation UIT-T O.150; la séquence d'essai à utiliser pour les signaux conformes à la Recommandation UIT-T G.832 doit encore être examinée.

Tableau 19/G.823 – Prescription minimale pour la tolérance de gigue et de dérapage d'entrée à 139 264 kbit/s

Fréquence f (Hz)	Prescription (amplitude de phase pk-pk)
$10\text{ m} < f \leq 32\text{ m}$	$4\text{ }\mu\text{s}$
$32\text{ m} < f \leq 130\text{ m}$	$0,13\text{ f}^{-1}\text{ }\mu\text{s}$
$130\text{ m} < f \leq 2,2$	$1\text{ }\mu\text{s}$
$2,2 < f \leq 200$	$2,2\text{ f}^{-1}\text{ }\mu\text{s}$
$200 < f \leq 500$	$1,5\text{ UI}$
$500 < f \leq 10\text{ k}$	$750\text{ f}^{-1}\text{ UI}$
$10\text{ k} < f \leq 3,5\text{ M}$	$0,075\text{ UI}$
NOTE – 1 UI = 7,18 ns.	

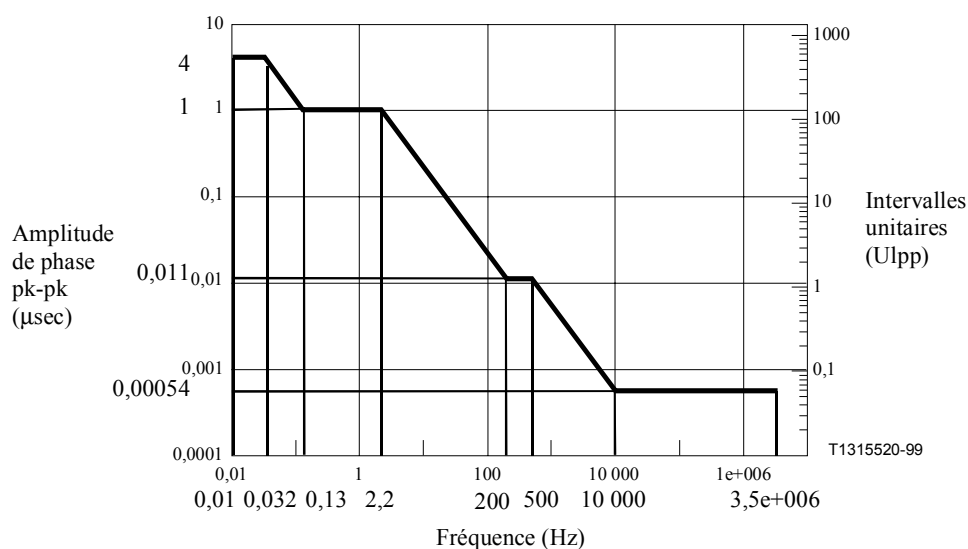


Figure 16/G.823 – Limite de la tolérance de gigue et de dérapage d'entrée à 139 264 kbit/s

7.2 Tolérance de gigue et de dérapage des interfaces de synchronisation

La tolérance de gigue et de dérapage d'entrée des interfaces de synchronisation devra être conforme aux spécifications en matière de tolérance de gigue et de dérapage relatives aux accès d'entrée d'horloge indiqués dans le Type I de la Recommandation UIT-T G.812 (pour les équipements disposant d'une fonction d'unité SSU) et dans l'Option 1 de la Recommandation UIT-T G.813 (pour les équipements disposant d'une fonction d'horloge SEC).

Modèle de réseau sur lequel repose la limite dans le réseau de synchronisation

A.1 Introduction

La méthode utilisée pour déduire les limites dans le réseau est fondée sur des simulations numériques, effectuées dans un certain modèle de réseau qui représente "le cas raisonnablement le plus défavorable" du point de vue de la synchronisation. La présente annexe donne un aperçu général de ce réseau de référence et des autres hypothèses qui ont été utilisées pour déterminer les limites dans le réseau.

A.2 Considérations sur le modèle de réseau

Les limites dans le réseau de synchronisation résultent d'un compromis entre plusieurs prescriptions contradictoires, puisqu'il faut aligner les spécifications relatives à chaque équipement sur les critères de qualité de fonctionnement qui sont applicables au réseau dans son ensemble. Le nombre de réseaux possibles qui sont construits ou qui pourraient l'être étant presque illimité, il est nécessaire de disposer d'un réseau de référence qui soit "plus défavorable" du point de vue de la synchronisation que la grande majorité des réseaux réels. La liste ci-après contient les éléments les plus importants dont il faut tenir compte lors de la construction de ce réseau de référence:

- a) le premier élément concerne la spécification des différentes horloges qui font partie du chemin de synchronisation vers un élément du réseau: plus chaque horloge est autorisée à produire de bruit de phase, plus la limite dans le réseau sera élevée. Les spécifications en matière de bruit sont définies dans les Recommandations UIT-T G.811, G.812 et G.813 pour les horloges PRC, pour les unités SSU et pour les horloges SEC, respectivement;
- b) le deuxième élément important concerne la composition de l'ensemble de la chaîne de synchronisation, à savoir le nombre d'horloges de chaque type (PRC, SSU ou SEC) qui sont placées en cascade et l'ordre selon lequel elles sont placées. Une telle chaîne de référence de synchronisation, définie dans la Recommandation UIT-T G.803, est composée d'une horloge PRC suivie de dix unités SSU et de vingt horloges SEC (quarante horloges SEC supplémentaires peuvent être placées entre les unités SSU, mais elles sont sans conséquence quant au problème considéré);
- c) outre le bruit produit par les différentes horloges, le dérapage diurne et les sauts de phase qui se produisent aux liaisons de synchronisation sont aussi des facteurs à prendre en compte. L'hypothèse (prudente) était qu'entre deux unités SSU il y aurait en moyenne un saut tous les 25 jours. On a estimé que le saut était de 1 μ s, la polarité étant aléatoire. Comparé à l'effet cumulatif du bruit d'horloge et des sauts, l'effet du dérapage diurne est négligeable lorsque le chemin de synchronisation passe principalement dans un câble optique enterré.

Les trois éléments susmentionnés déterminent complètement les limites dans le réseau pour les interfaces de synchronisation. Toutefois, il faut aussi un réseau de données de référence pour vérifier si ces limites sont compatibles avec les prescriptions existantes en matière de qualité de fonctionnement.

Les aspects importants de l'architecture du réseau de connexion de données de référence concernent ceux qui influent sur l'accumulation du dérapage dans le signal de données, à savoir le nombre d'îlots SDH sur la liaison et le nombre de processeurs de pointeurs dans chaque îlot. Cette connexion de données de référence devrait pouvoir représenter n'importe quelle liaison à 2048 kbit/s entre deux équipements munis d'une terminaison d'amortissement du glissement (par exemple, deux commutateurs de transit international), parce qu'un équipement muni d'une terminaison d'amortissement du glissement resynchronise entièrement le signal. On a choisi la connexion de données de référence, une connexion PDH de façon générale, de manière à ce qu'elle soit composée de quatre îlots SDH, chacun ayant huit processeurs de pointeurs TU-12. Dans le modèle de réseau,

on suppose aussi (prudemment) que chaque nœud devant être synchronisé l'est par l'intermédiaire d'une chaîne de synchronisation indépendante la plus défavorable possible.

Finalement, les prescriptions en matière de qualité en fonction desquelles le dérapage différentiel résultant dans l'amortisseur de glissement récepteur doit être évalué, sont spécifiées dans la présente Recommandation UIT-T et dans la Recommandation UIT-T G.822. La présente Recommandation UIT-T prescrit la valeur maximale de 18 μ s pour le dérapage différentiel d'entrée au cours d'une période définie de 24 heures. La Recommandation UIT-T G.822 spécifie que l'indice de qualité en matière de glissement doit être meilleur que 0,3 par jour (98,9% du temps) pour la partie nationale d'une connexion de référence de 27 500 km. On a considéré que cette partie nationale était la bonne référence pour le modèle de réseau.

Les éléments mentionnés dans la liste ci-dessus ont conduit au réseau de référence illustré dans la Figure A.1. Ce modèle comprend plusieurs horloges PRC afin de pouvoir être appliqué aux conduits de données qui traversent plusieurs domaines de synchronisation d'horloge PRC.

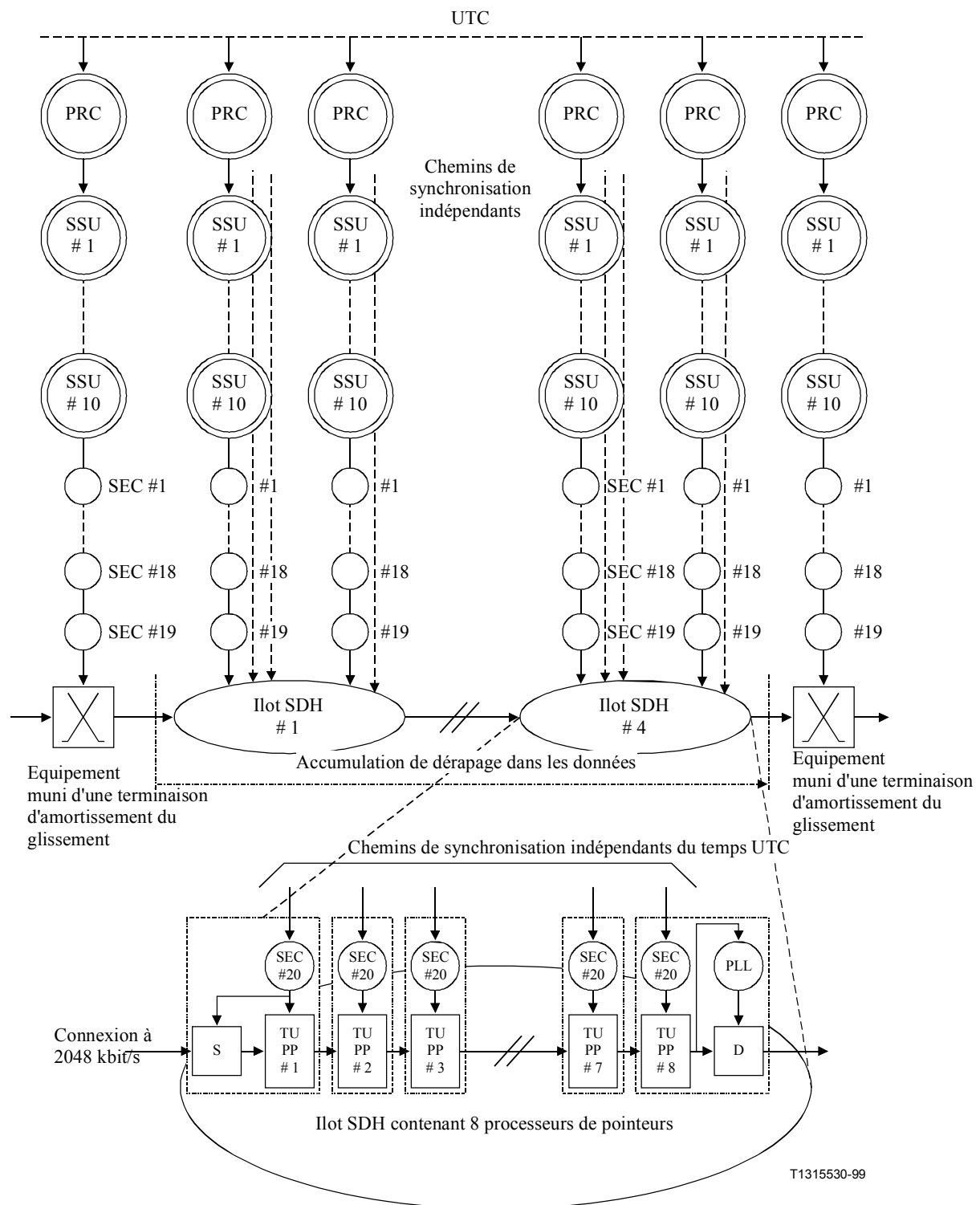


Figure A.1/G.823 – Modèle de réseau pour l'accumulation du dérapage dans les données et dans les horloges

Afin de déterminer le dérapage différentiel à l'entrée d'un équipement récepteur muni d'une terminaison d'amortissement du glissement, il faut tenir compte de deux autres facteurs importants qui n'ont pas été directement inclus dans les simulations, mais qui ont fait l'objet d'attributions séparées dans le bilan du dérapage (voir aussi A.3):

- le dérapage de mappage des signaux à 2048 kbit/s dans le conteneur VC-12;

- b) le dérapage diurne dû aux effets de l'environnement sur les fibres optiques qui conduisent les signaux considérés.

A.3 Informations concernant les simulations

La Figure A.2 illustre le modèle qui a été utilisé dans les simulations pour produire le bruit aux entrées d'horloge de tous les équipements SDH le long du conduit de données et des équipements récepteurs et émetteurs munis de terminaisons d'amortissement du glissement. Le bruit intrinsèque et les sauts sont produits séparément. Le bruit intrinsèque d'une horloge PRC et de dix unités SSU suivies de vingt horloges SEC est fondé sur les données mentionnées dans les Recommandations UIT-T G.811, G.812 et G.813.

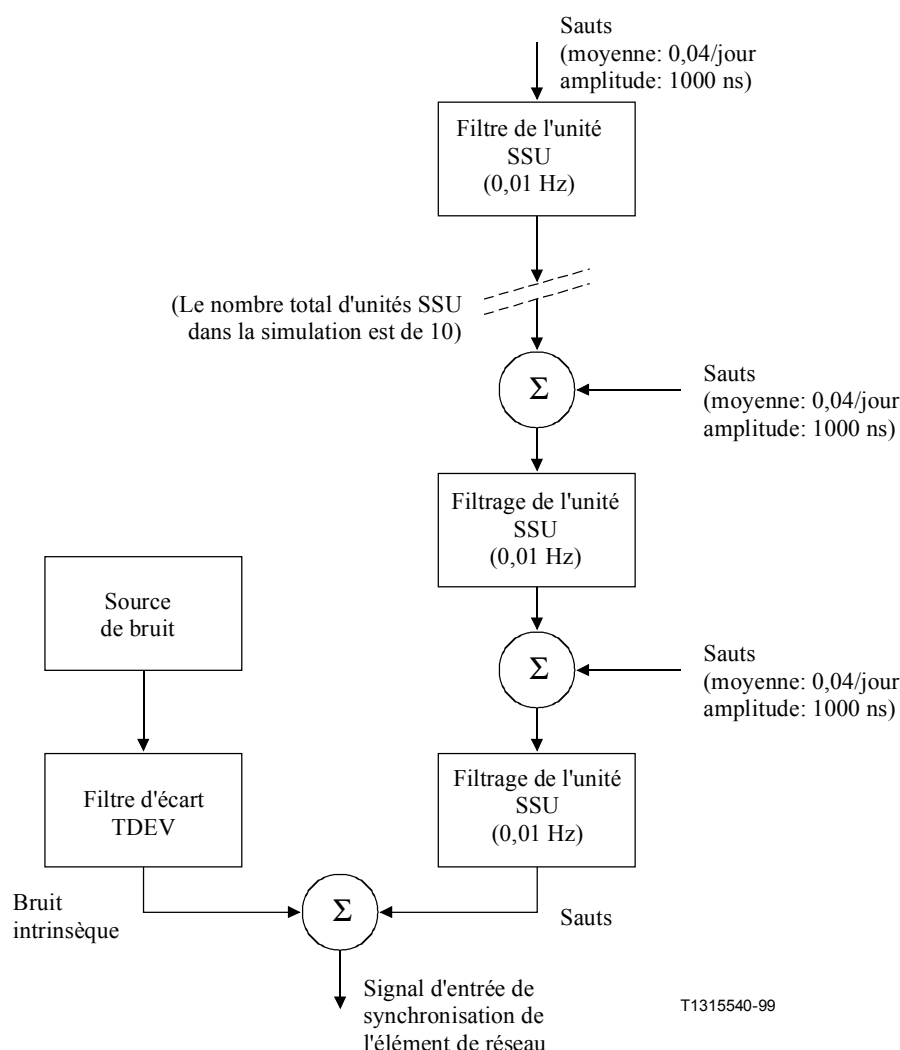


Figure A.2/G.823 – Générateur de bruit d'horloge dans un programme de simulation

Dans le cadre des simulations, on a été amené à faire d'autres hypothèses n'affectant pas les résultats de manière significative pour que le niveau de complexité reste acceptable:

- on a supposé que la mémoire tampon des processeurs de pointeurs TU-12 était de deux octets. C'est l'espace minimal de mémoire tampon qui est prescrit par la Recommandation UIT-T G.783;
- on a supposé que la méthode de mappage du train de données à 2048 kbit/s dans le conteneur VC-12 était asynchrone;

- c) le remplissage initial de la mémoire tampon des processeurs de pointeurs TU-12 était aléatoire suivant une distribution uniforme. Afin de supprimer les effets de la distribution initiale, on a écarté les premiers 50 000 points de chaque passage de simulation en machine;
- d) on a supposé que l'intervalle de temps entre les points de phase consécutifs était d'une seconde;
- e) on n'a pas tenu compte des filtres désynchroniseurs, puisqu'ils n'ont pas d'effets importants à long terme sur l'évaluation de la qualité du dérapage et du glissement.

Certains facteurs n'ont pas été inclus dans les simulations:

- f) on n'a pas tenu compte du dérapage diurne dû aux effets de l'environnement sur les fibres optiques qui conduisent les signaux de données considérés. On a tenu compte séparément de ces effets leur attribuant 1 μ s dans le bilan du dérapage. Cette valeur suppose une liaison par fibre optique d'une longueur de 6000 km, soumise à une variation de température de 2°C et ayant un coefficient de température égal à 85 ps/km/°C;
- g) on n'a pas inclus le dérapage de mappage des signaux à 2048 kbit/s dans les conteneurs VC-12, mais on en a tenu compte par la suite leur attribuant 2 μ s dans le bilan du dérapage. Cette valeur est fondée sur l'argument que le dérapage de mappage dans les conteneurs VC-12 est au plus de deux intervalles UI pour un îlot. On a supposé que les processus de dérapage n'étaient pas corrélés – l'addition des valeurs quadratiques moyennes est donc permise. Pour quatre îlots, on a attribué quatre intervalles UI (correspondant à 2 μ s à 2048 kbit/s) dans le bilan du dérapage;
- h) on a négligé l'effet du traitement des pointeurs AU-4, puisqu'il était compliqué de l'inclure dans les simulations et que sa contribution n'était pas importante;
- i) on a aussi supposé que la contribution du dérapage dû aux équipements de multiplexage et de ligne PDH faisant partie de la connexion de référence était faible, et on n'en a pas tenu compte dans les simulations.

A partir des attributions susmentionnées, on peut déduire le bilan suivant pour les 18 μ s:

Dérapage diurne dû aux effets de l'environnement:	1 μ s
Dérapage de mappage dû au mappage asynchrone à 2048 kbit/s:	2 μ s
Dérapage dû au bruit d'horloge et aux sauts:	15 μ s
Total:	18 μ s

Les simulations concernant le modèle de réseau de la Figure A.1 montrent qu'à l'entrée d'un amortisseur de glissement récepteur le dérapage différentiel dû au bruit d'horloge est de 12,6 μ s par 24 heures (moyenne de l'erreur MTIE pour 40 passages de 800 000 secondes). Le taux de glissement correspondant est de 0,016 glissement/jour en moyenne.

Les hypothèses susmentionnées et le modèle de réseau conduisent donc à un ensemble cohérent de spécifications.

ANNEXE B

Modèle et paramètres de référence pour le dérapage dans le réseau

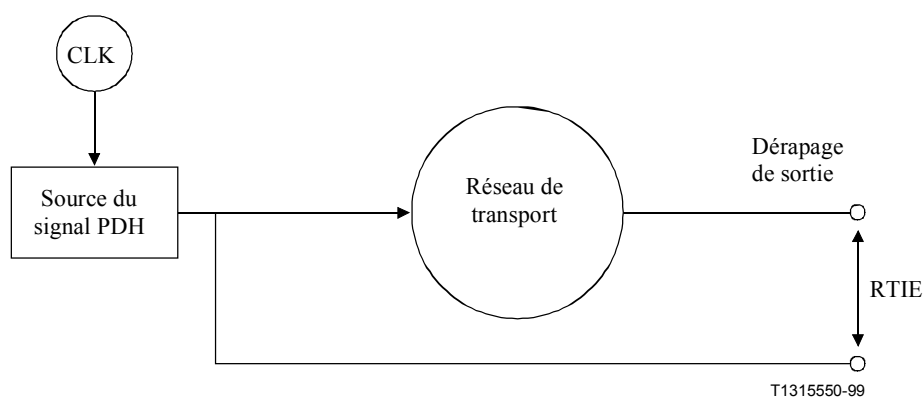
B.1 Modèle de référence pour le dérapage aux interfaces de trafic

Le dérapage est toujours spécifié et mesuré comme une erreur relative d'intervalle temporel (RTIE, *relative time interval error*) entre le signal concerné et une horloge de référence donnée. Toutefois, cette horloge qui sert de référence à la spécification et à la mesure de l'erreur RTIE dépend du type

de signal concerné. Aux fins de la présente Recommandation UIT-T, on a distingué deux cas qui sont décrits en B.1.1 et B.1.2.

B.1.1 Connexions PDH asynchrones

La source du signal elle-même est la référence appropriée pour la spécification du dérapage de sortie des signaux PDH asynchrones. Puisque cette source ne peut habituellement pas être utilisée comme horloge de référence, elle peut être remplacée, aux fins de la mesure, par un exemplaire du signal de sortie, traité de manière appropriée. L'Appendice II contient de plus amples informations à ce sujet. Le modèle de référence est illustré dans la Figure B.1.

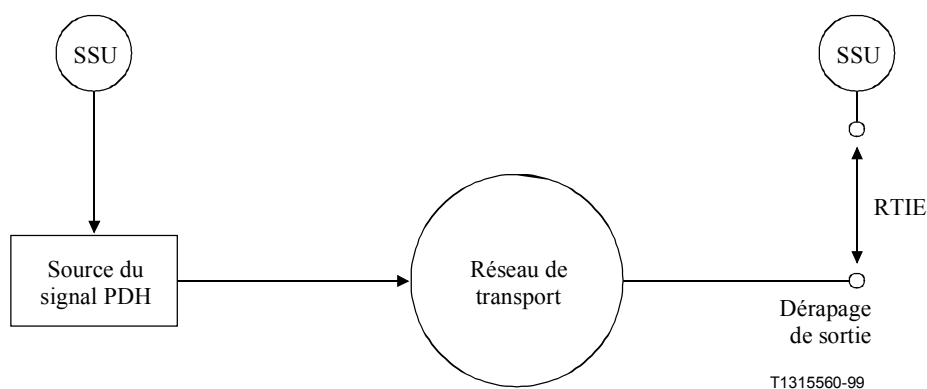


NOTE – Le décalage de fréquence de l'horloge CLK est conforme aux spécifications relatives au débit binaire de la Recommandation UIT-T G.703.

Figure B.1/G.823 – Modèle de référence pour le dérapage dans les connexions PDH asynchrones

B.1.2 Connexions PDH synchrones

L'horloge du réseau utilisée comme référence à la terminaison des signaux PDH est la référence appropriée pour la spécification du dérapage de sortie des signaux PDH synchrones (c'est-à-dire la plupart des signaux à 2048 kbit/s ainsi que les signaux tramés conformément à la Recommandation UIT-T G.832). Cela signifie que le dérapage de deux réseaux de distribution d'horloge de référence doit être ajouté au dérapage de sortie produit par le réseau de transport. Le modèle de référence est illustré dans la Figure B.2.



NOTE 1 – Les sorties SSU sont conformes à la limite du dérapage dans le réseau du 6.2.2.

NOTE 2 – Les deux unités SSU sont alignées sur une horloge PRC.

Figure B.2/G.823 – Modèle de référence pour le dérapage dans les connexions PDH synchrones

Bien que dans les cas asynchrones et synchrones les sources de dérapage contribuant au dérapage total de sortie soient différentes, les erreurs RTIE résultantes ne diffèrent guère. A cause de l'absence d'effets de corrélation, sur le plan statistique, le dérapage dans le réseau de transport est la source qui domine par rapport au dérapage dans le réseau de synchronisation. Par conséquent, on a fixé dans les spécifications relatives au dérapage de sortie données en 5.2 les mêmes limites dans le réseau pour les deux cas.

B.1.3 Spécification du dérapage au moyen du paramètre MRTIE

Plusieurs paramètres peuvent être utilisés pour spécifier le dérapage dans les spécifications de normalisation, tels que l'erreur MTIE et l'écart TDEV. Aux fins de la présente Recommandation UIT-T, on a choisi l'erreur relative maximale d'intervalle temporel MRTIE (*maximum relative time interval error*) pour les interfaces de trafic parce que c'est elle qui permet le mieux de déduire les spécifications en matière de qualité de fonctionnement des équipements qui en découlent.

Dans le cas d'une capacité utile asynchrone (se reporter à la Figure B.1), l'erreur MRTIE spécifie le dérapage accumulé dans le réseau par rapport à la phase du signal d'entrée. Ceci présente l'intérêt de fournir des informations pour la conception du filtre nécessaire à un filtrage du signal d'horloge transporté qui permette d'aboutir à la stabilité de phase voulue de la capacité utile.

Dans le cas d'une capacité utile synchrone (se reporter à la Figure B.2), l'erreur MRTIE spécifie le dérapage de la capacité utile de sortie par rapport à la phase de l'horloge d'un tampon d'entrée (situé par exemple dans un commutateur). Ceci présente l'intérêt de fournir des informations pour la conception de la taille du tampon.

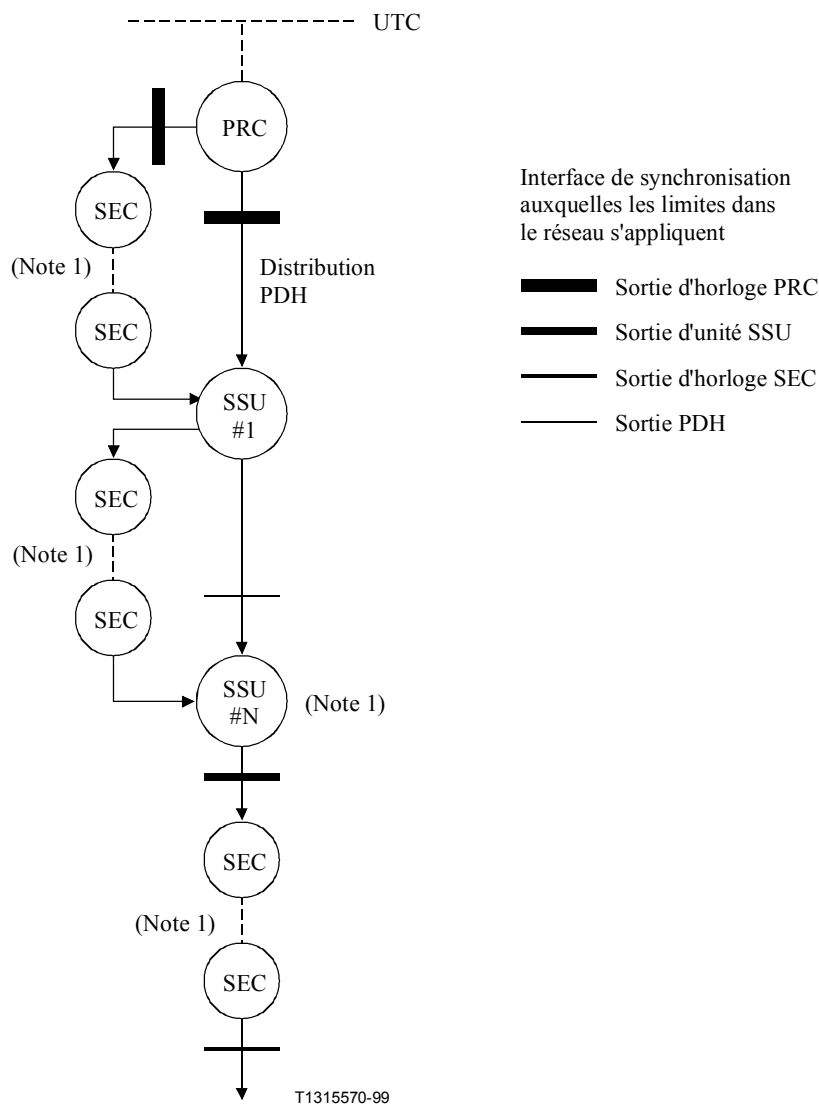
Les méthodes utilisées pour mesurer le paramètre MRTIE sont décrites dans l'Appendice II.

B.2 Modèle de référence pour le dérapage aux interfaces de synchronisation

Les interfaces de synchronisation qui sont spécifiées dans la présente Recommandation UIT-T sont illustrées dans la Figure B.3. Cette figure est une version enrichie de la Figure 8-5/G.803, montrant des exemples des interfaces physiques qui peuvent exister dans des réseaux de synchronisation. Le temps universel coordonné (UTC, *universal time coordinated*) est indiqué dans la Figure B.3 comme la référence par rapport à laquelle toutes les limites dans le réseau sont spécifiées. Aucune entité ou interface physique n'est associée au temps UTC, à cause de la manière dont celui-ci est défini.

Deux méthodes de distribution de synchronisation différentes peuvent être utilisées entre les unités de synchronisation (SSU, *synchronization supply unit*), et entre l'horloge de référence primaire (PRC, *primary reference clock*) et les unités SSU:

- a) la distribution SDH employant la couche de section SDH, qui peut être une cascade de sections avec au plus vingt éléments de réseau SDH intermédiaires, chacun d'entre eux contenant une horloge d'équipement SDH (SEC, *SDH equipment clock*);
- b) la distribution PDH employant un conduit PDH à 2048 kbit/s qui peut traverser un certain nombre d'étages de multiplexage PDH et de systèmes de lignes PDH intermédiaires. Ceux-ci ne sont pas explicitement indiqués, parce qu'ils ne contiennent pas d'horloges soumises à la présente Recommandation UIT-T.



NOTE 1 – Le nombre maximal d'unités SSU et d'horloges SEC dans ces chaînes est défini dans la Recommandation UIT-T G.803.

NOTE 2 – La fonction d'horloge PRC est définie dans la Recommandation UIT-T G.811.

NOTE 3 – La fonction d'unité SSU est définie dans la Recommandation UIT-T G.812 (Type I).

NOTE 4 – La fonction d'horloge SEC est définie dans la Recommandation UIT-T G.813 (Option 1).

Figure B.3/G.823 – Chaîne de référence de synchronisation indiquant où s'appliquent les limites dans le réseau

La Figure B.3 montre les quatre types d'interfaces de synchronisation qu'on peut distinguer dans le réseau de synchronisation:

- les interfaces de synchronisation aux sorties d'horloge PRC;
- les interfaces de synchronisation aux sorties d'unités SSU;
- les interfaces de synchronisation aux sorties d'horloges SEC;
- les interfaces de synchronisation aux sorties de distribution PDH.

La présente Recommandation UIT-T prévoit donc en 6.2 quatre ensembles de prescriptions relatives aux limites dans le réseau, un ensemble par type d'interface.

B.2.1 Spécification du dérapage au moyen des paramètres MTIE et TDEV

Les deux paramètres de synchronisation qui ont été choisis pour caractériser les sauts et le bruit à basse fréquence d'une interface de synchronisation sont l'erreur maximale d'intervalle temporel MTIE (*maximum time interval error*) et l'écart temporel TDEV (*time deviation*). Des définitions détaillées de l'erreur MTIE et de l'écart TDEV sont données dans la Recommandation UIT-T G.810.

L'erreur MTIE est considérée comme utile pour la capture des sauts de phase dans un signal de rythme, puisqu'elle décrit la variation de phase maximale d'un signal de rythme au cours d'une certaine durée. Elle n'indique toutefois pas le bruit sous-jacent dans le signal de rythme, à cause de sa sensibilité aux sauts de phase. Le bruit aléatoire est mieux caractérisé par l'écart TDEV qui permet d'évaluer la valeur quadratique moyenne de la puissance plutôt que sa crête.

L'écart TDEV a tendance à supprimer les sauts dans un signal de rythme, et il permet donc une meilleure évaluation des processus de bruit sous-jacent. En toute rigueur, les composantes transitoires et périodiques devraient être éliminées des données avant le calcul de l'écart TDEV. Ceci n'est toutefois pas approprié pour les mesures aux interfaces de réseau puisque les types de perturbations rencontrés dans le signal de rythme ne sont *a priori* pas connus. Il en résulte que l'on ne peut pas garantir que les résultats obtenus pour l'écart TDEV à partir du traitement des données brutes concernant la phase reflètent réellement les processus de bruit aléatoire dans un signal de rythme à une interface de réseau, mais ces résultats peuvent en fournir une bonne estimation (voir B.3/G.810).

APPENDICE I

Considérations sur les limites du dérapage dans les réseaux de transport SDH

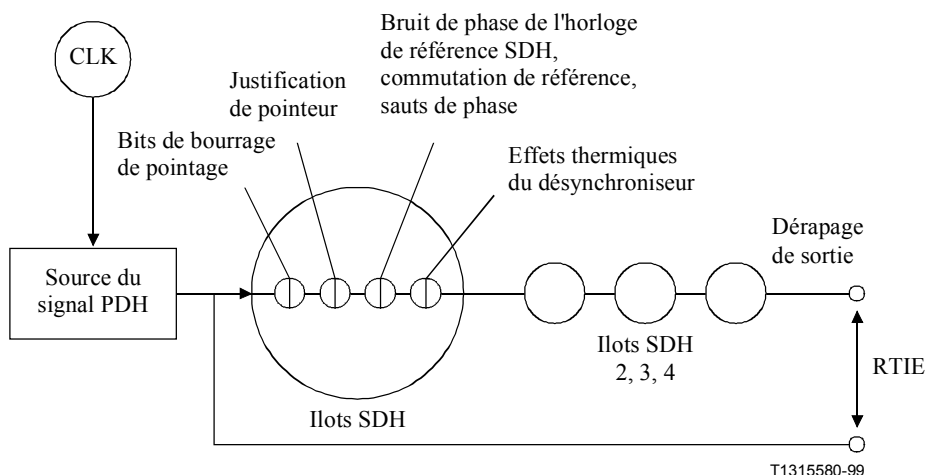
I.1 Introduction

Les informations données dans cet appendice ont pour objet d'aider à comprendre comment ont été déduites les limites du dérapage dans le réseau et les tolérances de dérapage d'entrée aux interfaces de trafic qui sont spécifiées dans la présente Recommandation UIT-T.

I.1.1 Modèle de référence pour le dérapage dans les réseaux SDH

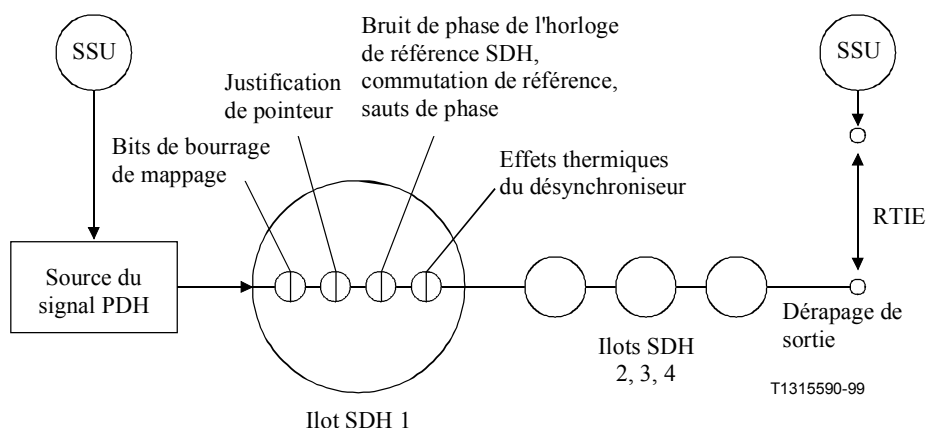
Les modèles de référence illustrés dans les Figures I.1 et I.2 représentent de manière simplifiée le modèle de référence pour le dérapage décrit à l'Annexe A. Ils illustrent aussi, sur l'exemple d'un réseau de transport SDH, comment on peut adapter les modèles de référence génériques de l'Annexe B à des sources de dérapage propres au réseau.

Dans de précédents calculs de simulation sur ordinateur de l'accumulation de gigue et de dérapage, on a estimé que quatre îlots SDH en cascade constituaient une bonne approche pour la modélisation. Cette approche a aussi été adoptée dans le présent appendice. Les Figures I.1 et I.2 illustrent les principales sources de dérapage dans les connexions dont il a été tenu compte pour déduire les limites dans le réseau et les tolérances aux interfaces.



NOTE – Le décalage de fréquence de l'horloge CLK est conforme aux spécifications relatives au débit binaire de la Recommandation UIT-T G.703.

Figure I.1/G.823 – Modèle de référence pour le dérapage dans les signaux PDH asynchrones



NOTE 1 – Les sorties des unités SSU sont conformes à la limite du dérapage dans le réseau du 6.2.2.
NOTE 2 – Les deux unités SSU sont alignées sur une horloge PRC.

Figure I.2/G.823 – Modèle de référence pour le dérapage dans les signaux PDH synchrones

I.1.2 Sources de dérapage

Le dérapage accumulé dans les signaux de capacité utile, transportés sur une connexion de réseau utilisant des éléments de réseau SDH dépend du remplissage dynamique total de tous les tampons intermédiaires de traitement du signal dans ces éléments de réseau. Le remplissage de tampon d'un seul élément de réseau (NE, *network element*) dépend du dérapage relatif entre les données entrantes et l'horloge de lecture. L'horloge de lecture peut être fournie par une source extérieure (par exemple, dans un processeur de pointeur) ou par une horloge récupérée (par exemple, dans un désynchroniseur).

Le remplissage de tampon peut être modifié par un bruit de phase de l'horloge de référence et par des effets transitoires (par exemple, le bourrage de bits, le traitement des pointeurs), ainsi que par des effets thermiques dans les boucles à phase verrouillée (par exemple, la récupération de l'horloge du désynchroniseur).

I.1.3 Effets de limitation de l'accumulation du dérapage

Au moins pour les connexions à 2048 kbit/s, le remplissage total de ces tampons dans une seule connexion peut dépasser la limite de 18 μ s qui est stipulée dans la présente Recommandation pour le dérapage journalier. Mais dans des conditions de fonctionnement normales, le remplissage de ces tampons est presque constant, la qualité de synchronisation dans le réseau étant stable. En outre, la partie fluctuante du remplissage des tampons ne contribue que de façon aléatoire à l'accumulation, à cause de l'absence d'effets de corrélation entre les différents tampons.

I.1.4 Configuration et qualité de fonctionnement du réseau

Les îlots SDH (se reporter aux Figures I.1 et I.2) sont normalement synchronisés de façon interne de manière que les justifications de pointeurs (au moins au niveau TU-12) ne se produisent que rarement. Un cas exceptionnel est celui où l'un ou plusieurs des éléments NE fonctionnent à l'aide d'une source d'horloge qui est en régime libre, produisant ainsi une séquence approximativement régulière de justifications de pointeur.

Dans des conditions normales, il est peu probable que deux ou plusieurs des ces îlots SDH ne soient pas synchronisés de façon interne. Il est aussi peu probable que deux justifications de pointeur se produisent dans un seul élément NE. Il est donc improbable qu'il y ait un effet cumulé dû au dérapage simultané de plus de deux justifications de pointeur. Ces rares cas peuvent entraîner un dérapage qui dépassera les limites dans le réseau spécifiées dans la présente Recommandation UIT-T.

En général, la qualité de fonctionnement des îlots SDH devrait être suffisamment bonne pour que les caractéristiques d'erreur et de glissement du signal transporté ne soit affectées que marginalement par des effets de bruit de phase excessifs qui pourraient entraîner des débordements de tampon dans certains éléments NE.

I.1.5 Corrélation des sources de dérapage

Le mode de fonctionnement normal du réseau SDH est le mode synchrone, ce qui signifie que le taux de justification de pointeur est assez faible. Cette condition permet de conclure que l'existence de justifications de pointeur simultanées mais indépendantes dans des îlots SDH en cascade est peu probable. Le modèle d'accumulation suivant tient compte de cela, en utilisant une approche statistique pour l'accumulation (c'est-à-dire une accumulation à loi en puissance).

Dans le cas du dérapage produit par un seul îlot SDH, on suppose qu'on est dans le cas le plus défavorable d'accumulation où les effets produisant le dérapage dans cet îlot s'ajoutent simplement.

La corrélation entre les effets de dérapage du bourrage de bits dépend du décalage de la fréquence de la capacité utile PDH par rapport à celle des horloges de réseau des îlots. Il s'ensuit pour les connexions synchrones à 2048 kbit/s:

- a) que pour des décalages de fréquence inférieurs à environ 10^{-10} ou 10^{-9} , le bruit de phase de l'horloge de réseau rendra le bourrage de bits aléatoire;
- b) que pour des décalages de fréquence plus élevés du signal de capacité utile, les effets de bourrage de bits sont corrélés lorsque tous les îlots SDH sont synchronisés à la fréquence nominale.

Ce point est examiné plus amplement dans l'Annexe A.

I.1.6 Caractéristiques de réseau pour les limites du dérapage de sortie

Les caractéristiques de réseau pour les limites du dérapage de sortie spécifiées dans la présente Recommandation UIT-T sont décrites à l'Annexe A. Il est prévu que ces réseaux respectent les limites spécifiées lorsque les équipements utilisés sont conformes aux spécifications de la Recommandation UIT-T G.783.

Pour des configurations de connexions de réseau plus complexes, l'obtention du niveau désiré de qualité de fonctionnement peut nécessiter l'application d'une méthode de réduction du dérapage. Pour les connexions synchrones à 2048 kbit/s, cela peut se faire à l'aide d'une fonction de rythme par exemple. Pour d'autres connexions PDH, une fonction de filtre passe-bas appropriée peut être nécessaire.

I.2 Dédution des limites de spécification du dérapage

Dans le cas des services qui sont assurés par des connexions PDH d'ordre supérieur, leur stabilité de phase à court terme est exigée, parce que ces services utilisent normalement une synchronisation adaptable au train de bits reçu.

Les techniques de bourrage de bits employées dans les systèmes multiplex asynchrones produisent des distorsions de phase à court terme. Cet effet a d'abord été étudié dans les systèmes multiplex PDH, où on optimise les valeurs du rapport de bourrage afin de minimiser l'effet. Dans les systèmes multiplex SDH, on utilise la valeur la plus défavorable de zéro-un pour le rapport de bourrage, de manière à produire un dérapage à court terme d'un intervalle unitaire entier.

Au moment de l'établissement de la présente Recommandation UIT-T, les systèmes SDH ont largement été déployés dans les réseaux. Cela signifie que la limite du dérapage dans le réseau devra être respectée dans les réseaux SDH existants.

Comme montré dans les Figures I.1 et I.2, les connexions PDH peuvent passer par plusieurs îlots SDH qui sont interconnectés au moyen d'interfaces PDH. Dans chacun de ces îlots SDH, une distorsion de phase est créée en fonction du bourrage de bits et d'octets. Par exemple, le bourrage de bits est utilisé lors du mappage de la capacité utile PDH vers un conteneur VC-n, et le bourrage d'octets (c'est-à-dire la justification de pointeur) est utilisé lorsque la phase du conteneur VC-n doit être adaptée à la trame SDH.

Outre le dérapage produit par les techniques de bourrage de bits et d'octets, l'hystérésis du processeur de pointeur entraîne le transfert du dérapage de l'horloge de référence dans le signal PDH au nœud de mappage ou de démappage. Le cas le plus défavorable de dérapage de l'horloge de référence est celui qui est produit par la réaction de la fonction d'horloge d'équipement SDH (SEC, *SDH equipment clock*) à un événement dans le commutateur d'entrée de référence. L'amplitude maximale du saut de phase correspondant est de 240 ns (voir 10.1/G.813).

Il en résulte les deux scénarios suivants, où un signal à 34 368 kbit/s est utilisé à titre d'exemple.

1) *Bilan de dérapage pour un îlot SDH avec saut de phase au nœud de démappage*

Pour le désynchroniseur, on peut utiliser un circuit numérique de filtrage d'horloge PDH employant le signal de sortie d'une horloge SEC comme référence. Cela entraîne le transfert du dérapage de sortie de l'horloge SEC à l'horloge PDH récupérée.

En outre, on peut ajouter une justification de pointeur au décalage de phase juste avant que le saut à la sortie de l'horloge SEC ne se produise.

Le bilan de dérapage résultant est le suivant (les valeurs étant arrondies):

± bourrage:	60 ns
Saut de phase de l'horloge SEC:	240 ns
Justification de pointeur TU-3:	160 ns
Total:	460 ns

NOTE 1 – L'effet de bourrage au nœud de mappage tient compte du bruit de l'horloge de référence en ce point, tandis que le saut de phase représente l'effet de l'horloge de référence au nœud de démappage. Une justification de pointeur tient compte de l'effet du réseau intermédiaire.

2) *Bilan de dérapage pour un îlot SDH avec saut de phase au nœud de mappage*

Tout saut de phase (c'est-à-dire tout décalage transitoire de fréquence) de l'horloge de référence (sortie de l'horloge SEC) au nœud de mappage entraîne une modification de la séquence de bits de bourrage qui est finalement compensée par les justifications de pointeur. A condition que les seuils des tampons intermédiaires des processeurs de pointeur ne soient pas tous atteints, aucune justification de pointeur compensatoire ne sera reçue au nœud du désynchroniseur. Par conséquent, le signal PDH est récupéré avec un décalage de fréquence équivalent, mais de polarité opposée (effet connu sous le nom de "phase ramp effect"). La valeur de référence de 240 ns pour le saut de phase de la commutation d'entrée au nœud de mappage produit donc un saut de phase analogue pour le signal de sortie PDH récupéré.

Le bilan de dérapage résultant est le suivant (les valeurs étant arrondies):

Saut de phase de mappage:	240 ns
Justification de pointeur double:	320 ns
Total:	560 ns

NOTE 2 – Le saut de phase tient compte de l'effet du dérapage de l'horloge de référence au nœud de mappage, tandis que le pointeur double tient compte des effets du réseau intermédiaire ainsi que de ceux du dérapage de l'horloge de référence au nœud de démappage.

I.2.1 Limites de spécification du dérapage

Les valeurs qui figurent dans les bilans de dérapage aux nœuds de mappage et de démappage susmentionnés sont les valeurs les plus défavorables. Toutefois, on ne peut pas calculer les effets d'un saut de phase sur le dérapage de sortie en effectuant simplement la somme des valeurs données dans les deux bilans de dérapage parce que la commutation de l'horloge de référence ne se produit que rarement et ne devrait être prise en compte qu'à une seule extrémité de la connexion. On estime donc qu'il est raisonnable d'utiliser une valeur de l'ordre de 500 ns pour le dérapage de sortie d'un îlot de réseau SDH.

Lorsque quatre îlots de réseau SDH ayant un tel dérapage intrinsèque sont placés en cascade, le dérapage intrinsèque est, selon une approche statistique d'accumulation du dérapage, multiplié par un facteur égal à la racine carrée du nombre d'îlots en cascade (dans ce cas, deux). Le dérapage total de sortie de réseau résultant est de 1000 ns.

Ceci s'applique également aux connexions à 139 264 kbit/s, la seule différence étant l'effet presque nul du bourrage.

Il ressort de ce qui précède qu'aux fins de spécification pratique, le dérapage de sortie maximal à court terme aux interfaces PDH d'ordres plus élevés serait de l'ordre de 1000 ns, valeur qui sert donc à définir le premier plateau dans les spécifications de dérapage de sortie données en 5.2.

Afin de déduire les spécifications de dérapage de sortie à long terme, il faut tenir compte des effets du bruit de phase de l'horloge de référence. Ce dérapage est limité par une valeur de 2000 ns, conformément aux spécifications relatives à la limite de dérapage dans le réseau de synchronisation pour les longs intervalles d'observation. Lorsqu'on effectue la même analyse que celle qui est donnée ci-dessus pour un effet accru de l'horloge de référence, le résultat est de l'ordre de 4000 ns, valeur qui est celle du second plateau dans les spécifications de dérapage de sortie données en 5.2.

Méthodes de mesure du dérapage de sortie

Les appareils de mesure conformes à la Recommandation UIT-T O.172 conviennent à la mesure des paramètres de dérapage.

II.1 Interfaces de synchronisation

II.1.1 Signaux synchrones

Lorsqu'un signal synchrone est utilisé pour le transport de la synchronisation, on mesure son dérapage en comparant sa phase à celle d'une autre horloge PRC. La configuration de l'essai permettant de mesurer l'erreur MTIE d'un signal synchrone est illustrée dans la Figure II.1 (la formule normalisée de l'estimateur pour le calcul de l'erreur MTIE est donnée dans l'Annexe B/G.810).

Dans la plupart des applications de mesure, l'horloge PRC qui est utilisée pour mesurer le dérapage ne doit pas être la même que celle qui produit le signal synchrone. Toutefois, il convient de noter que dans les cas les plus défavorables la différence de fréquence entre deux horloges PRC pourrait donner lieu à une différence de phase de l'ordre de 2 μ s par jour.

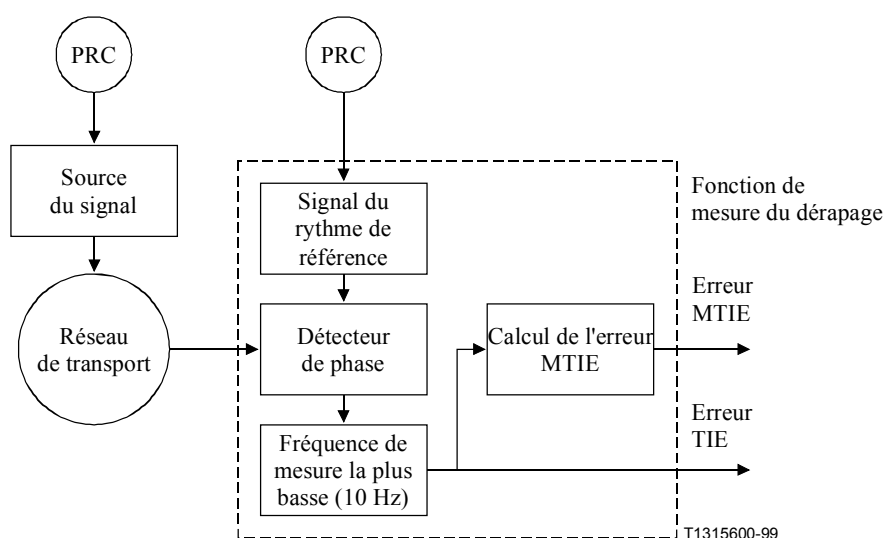


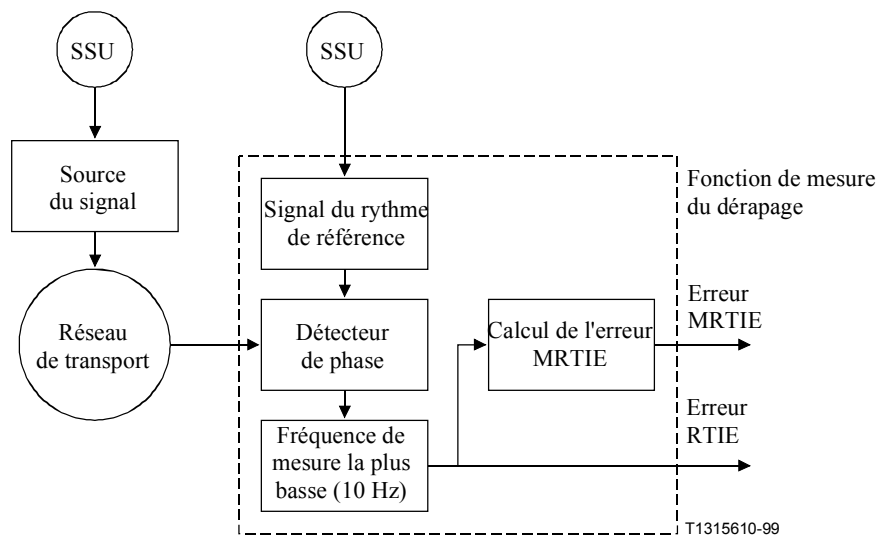
Figure II.1/G.823 – Mesure de l'erreur MTIE des signaux synchrones

II.2 Interfaces de trafic

Les signaux PDH, tels que ceux à 2048, 34 368 et 139 264 kbit/s, peuvent être soit synchrones (c'est-à-dire normalement alignés sur une horloge PRC), soit asynchrones (par exemple, conçus pour fonctionner en mode libre, la limite de la précision de fréquence étant conforme à la Recommandation UIT-T G.703, mais non alignés sur une horloge PRC). Dans les deux cas, l'erreur MRTIE est utilisée comme paramètre de spécification du dérapage aux interfaces de réseau.

II.2.1 Signaux synchrones (débits binaires PDH)

Les considérations sont semblables à celles qui s'appliquent aux interfaces de synchronisation. La configuration de mesure est illustrée dans la Figure II.2.



NOTE 1 – Les sorties des unités SSU sont conformes à la limite du dérapage dans le réseau du 6.6.2.
 NOTE 2 – Les deux unités SSU sont alignées sur une horloge PRC.

Figure II.2/G.823 – Mesure de l'erreur MRTIE des signaux synchrones (PDH)

II.2.2 Signaux asynchrones (débits binaires PDH)

Dans ce cas, la fréquence de référence de la mesure et la fréquence d'horloge produisant le signal PDH peuvent différer, par exemple de 50 ppm comme autorisé par la Recommandation UIT-T G.703 à 2048 kbit/s. Cette différence produit une rampe de phase dans le dérapage mesuré, résultant en une distorsion du paramètre MRTIE désiré.

Afin que le modèle de référence pour le dérapage des signaux PDH transportés sur des réseaux SDH (décrit à l'Appendice I) et que les spécifications correspondantes relatives au dérapage de sortie données en 5.2, puissent être appliqués, on décrira encore les deux situations suivantes:

- a) signaux asynchrones, horloge de référence de la source disponible;
- b) signaux asynchrones, horloge de référence de la source non disponible.

II.2.2.1 Signaux asynchrones, horloge de référence de la source disponible

Lorsqu'au point de mesure on dispose d'une horloge de référence de la source, on peut aisément mesurer l'erreur MRTIE d'un signal asynchrone comme indiqué dans la Figure II.3. Il convient de noter que le point de mesure et la référence de la source devraient normalement être situés au même endroit, afin de ne pas introduire de dérapage dans les signaux de référence de la mesure au cours de la transmission de l'horloge de référence de la source.

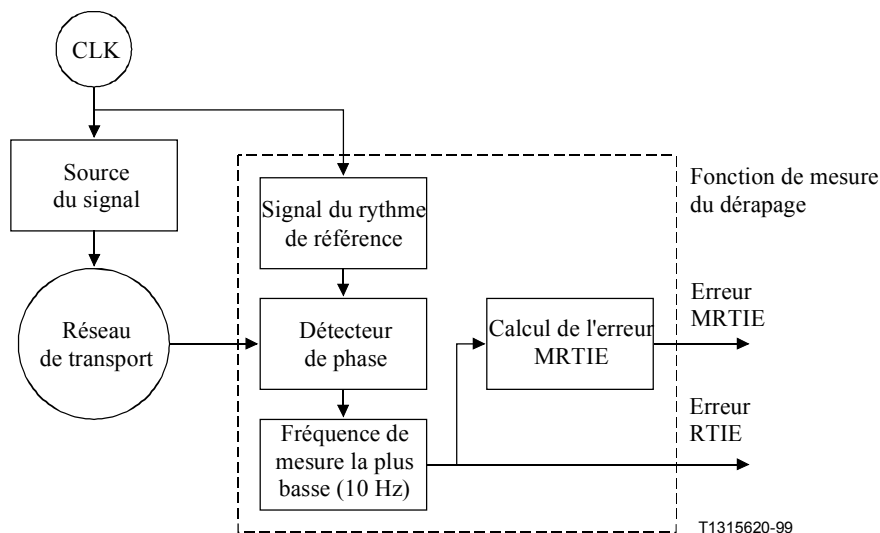


Figure II.3/G.823 – Mesure de l'erreur MRTIE des signaux asynchrones, l'horloge de référence de la source étant disponible

II.2.2.2 Signaux asynchrones, horloge de référence de la source non disponible

Lorsqu'au point de mesure on ne dispose pas d'une horloge de référence de la source, la fréquence de référence de la source et la fréquence de référence de la mesure différeront, produisant une rampe de phase dans la mesure du dérapage. Cette rampe de phase doit être éliminée avant le calcul de l'erreur MRTIE, sans quoi elle cacherait des informations relatives à cette erreur qui présentent de l'intérêt dans le cas d'intervalles d'observation plus longs.

L'une des méthodes de suppression de la rampe de phase est illustrée dans la Figure II.4. C'est une méthode de mesure arithmétique où des échantillons de phase sont recueillis, stockés et post-traités en vue de l'obtention du paramètre MRTIE.

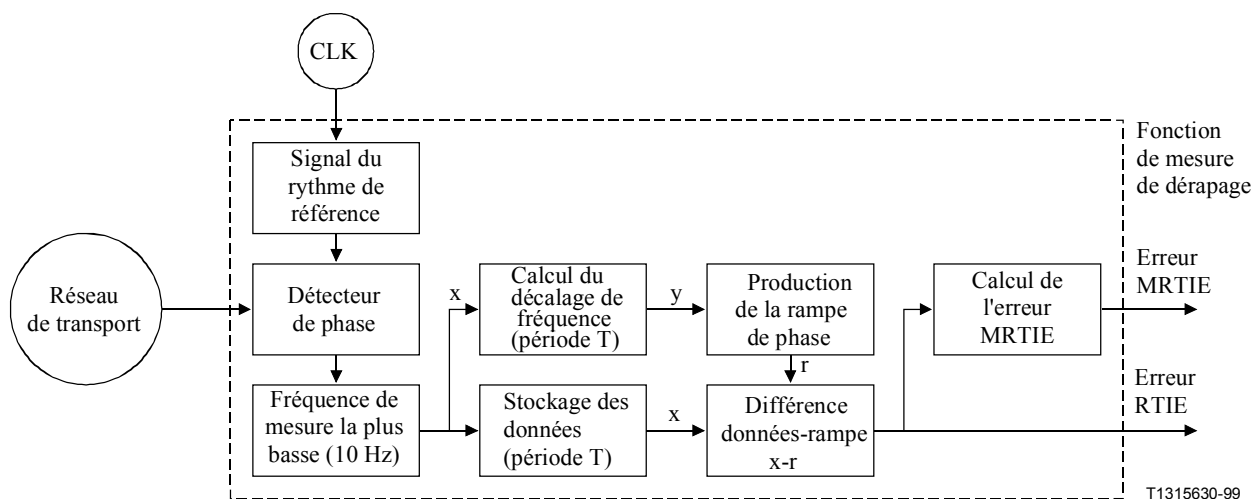


Figure II.4/G.823 – Mesure de l'erreur MRTIE des signaux asynchrones, l'horloge de référence de la source n'étant pas disponible

Dans cette méthode la différence de fréquence y (en ppm) est évaluée à l'aide de l'algorithme:

$$y = \frac{6}{N(N-1)\tau_0} \sum_{i=1}^N x_i \left[\frac{2i}{N+1} - 1 \right] \quad (\text{II-1})$$

où τ_0 est l'intervalle d'échantillonnage en secondes, N est le nombre total d'échantillons de phase prélevés pendant la période de mesure et x_i est l'erreur TIE en μs .

En outre, l'erreur RTIE désirée est donnée par la formule:

$$RTIE_n = x_n - y\tau_0 n \quad (\text{II-2})$$

Les résultats de la mesure dépendront de la période de mesure $T = N\tau_0$ pour laquelle le décalage de fréquence et l'erreur MRTIE sont calculés. La période de mesure minimale T devrait être au moins aussi longue que l'intervalle d'observation maximal présentant un intérêt. Par exemple, la prescription relative au dérapage de sortie à 34 368 kbit/s du 5.2.2 contient une spécification portant sur un intervalle d'observation qui s'élève à 80 secondes.

NOTE – La stabilité de phase de l'horloge de la source du signal et de l'horloge de référence de la mesure doit être suffisante afin que le résultat de mesure ne soit affecté que de façon marginale par des effets de dérive de fréquence, par exemple.

APPENDICE III

Directives relatives à la mesure de la tolérance de gigue et de dérapage d'entrée des interfaces d'équipement

Un montage générique permettant de mesurer la tolérance de gigue et de dérapage est illustré dans la Figure III.1. Il convient de noter qu'il n'est pas nécessaire d'utiliser tous les éléments lors de chaque mesure de tolérance.

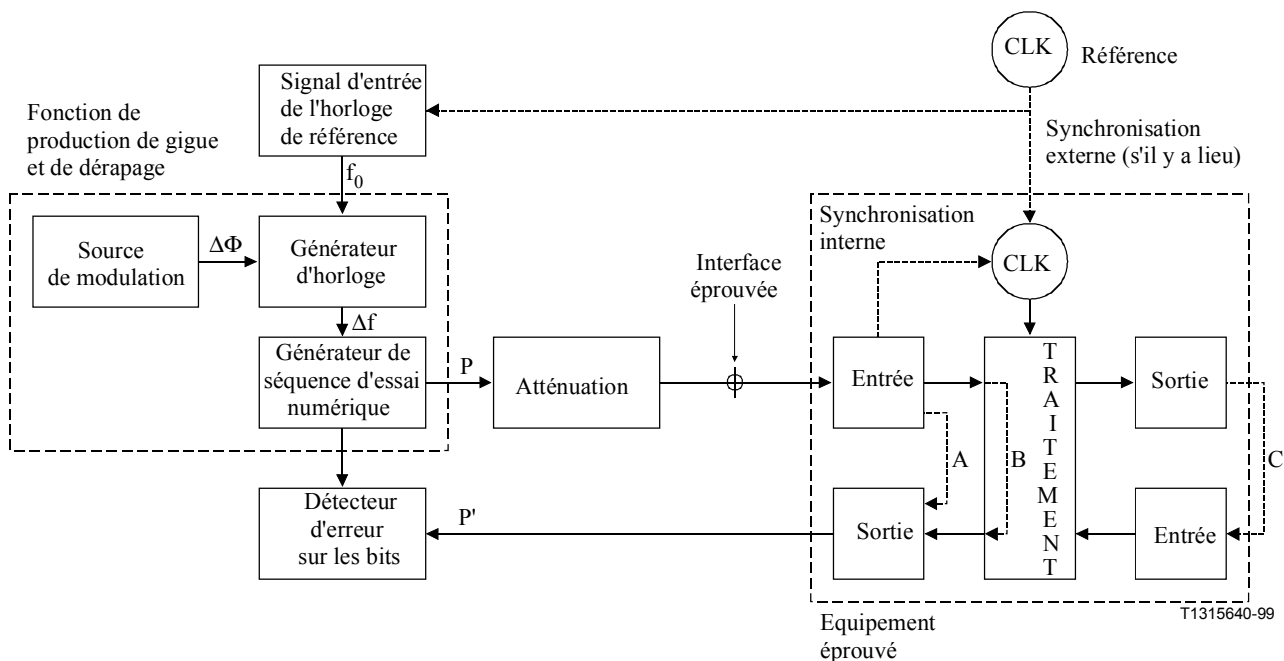


Figure III.1/G.823 – Montage générique pour la mesure de la tolérance de gigue et de dérapage d'entrée

Les considérations suivantes interviennent lors du montage de mesure réel:

Horloge du système

L'horloge de l'équipement éprouvé peut être synchronisée extérieurement (si une entrée de référence est disponible) ou à partir de l'interface éprouvée.

Contraintes sur Δf

Le générateur d'horloge peut être utilisé pour produire un décalage fixe de fréquence Δf suivant lequel la gigue et le dérapage sont modulés. Les valeurs du décalage de fréquence doivent se limiter à celles qui s'appliquent à l'interface ou à l'équipement éprouvé. Il faudrait faire en sorte que la valeur du décalage de fréquence soit constante pendant une période de stabilisation et pendant la période de mesure qui suit. Le décalage de fréquence autorisé peut dépendre du chemin suivi par le signal de mesure à travers le système et de la manière dont l'horloge de l'équipement éprouvé est synchronisée.

Contraintes sur $\Delta\Phi$

La source de modulation est utilisée pour superposer un effet de gigue ou de dérapage $\Delta\Phi$ au signal d'horloge, qui peut aussi avoir un décalage fixe de fréquence Δf . Ces perturbations de phase dues à la gigue et au dérapage possèdent généralement une caractéristique sinusoïdale, triangulaire ou propre au bruit (produit par une séquence PRBS). Les perturbations exactes sont décrites dans les prescriptions qui s'appliquent à la tolérance de gigue et de dérapage.

Choix de la séquence d'essai (P et P')

La séquence d'essai P doit correspondre au débit binaire de l'interface particulière qui est soumise à l'épreuve de tolérance de gigue et de dérapage. La séquence P' ne doit pas nécessairement être la même que la séquence P, mais il est important qu'une partie de la séquence P se retrouve dans la séquence P'. Cette partie, nommons-la Q, passe de manière transparente par l'équipement éprouvé. Le détecteur d'erreur sur les bits ne peut rechercher les erreurs que dans cette partie commune Q.

Acheminement du signal à travers l'équipement éprouvé

Suivant les parties du système qui sont effectivement soumises aux essais et les capacités de l'équipement éprouvé, le signal peut être mis en boucle selon différentes configurations. Par exemple:

- a) immédiatement après l'entrée (chemin A), afin d'éprouver la tolérance du circuit de réception;
- b) au cours de l'acheminement (chemin B), ce qui permettrait d'éprouver en outre l'hystérésis de tampon, les mécanismes de bourrage, etc.;
- c) extérieurement à travers certaines entrées et sorties du système (chemin C).

Le choix du chemin effectif peut influencer sur le choix de la séquence d'essai P' et sur la partie Q, sur laquelle les erreurs peuvent être contrôlées.

Atténuation

La fonction d'atténuation est nécessaire pour les interfaces optiques afin de pouvoir déterminer la pénalisation de sensibilité à 1 dB (en termes de puissance optique) pour un certain rapport d'erreur sur les bits. Pour les interfaces électriques, l'atténuation (dépendant de la fréquence) devrait correspondre à la longueur de câble la plus défavorable.

SÉRIES 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	RGT et maintenance des réseaux: 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 de données et communication entre systèmes ouverts
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information et protocole Internet
Série Z	Langages et aspects informatiques généraux des systèmes de télécommunication