



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.824

(03/2000)

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

Systèmes de transmission 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 1544 kbit/s**

Recommandation UIT-T G.824

(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	G.450–G.499
EQUIPEMENTS TERMINAUX	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.

Recommandation UIT-T G.824

Régulation de la gigue et du dérapage dans les réseaux numériques basés sur la hiérarchie à 1544 kbit/s

Résumé

La présente Recommandation UIT-T spécifie les limites maximales de réseau pour la gigue et le dérapage qui ne doivent pas être dépassées aux interfaces avec le réseau de transport ou de synchronisation pertinentes et la tolérance minimale de gigue et de dérapage de l'équipement que doit posséder toute interface de synchronisation ou de transport pertinente.

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

Source

La Recommandation G.824 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 de 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.....	1
3	Définitions	2
4	Abréviations.....	3
5	Limites de réseau pour la gigue et le dérapage aux interfaces de trafic.....	4
5.1	Limites pour la gigue	4
5.2	Limites pour le dérapage.....	5
	5.2.1 Interface de réseau synchrone à 1544 kbit/s	6
	5.2.2 Interface de réseau synchrone à 44 736 kbit/s	6
5.3	Transitoires de phase.....	6
6	Limites de réseau pour la gigue et le dérapage aux interfaces de synchronisation	7
6.1	Limites de réseau pour la gigue	7
6.2	Limites de réseau pour le dérapage.....	7
	6.2.1 Sortie d'horloge de référence primaire.....	7
	6.2.2 Interface de référence à 1544 kbit/s.....	8
7	Tolérance de gigue et de dérapage aux interfaces de réseau.....	10
7.1	Principes de spécification fondamentaux.....	10
7.2	Tolérance de gigue et de dérapage des accès d'entrée de trafic.....	10
	7.2.1 Tolérance de gigue et de dérapage d'entrée à 1544 kbit/s.....	11
	7.2.2 Tolérance de gigue et de dérapage d'entrée à 6312 kbit/s.....	12
	7.2.3 Tolérance de gigue et de dérapage d'entrée à 32 064 kbit/s.....	13
	7.2.4 Tolérance de gigue et de dérapage d'entrée à 44 736 kbit/s.....	14
	7.2.5 Tolérance de gigue et de dérapage d'entrée à 97 728 kbit/s.....	15
7.3	Tolérance de gigue et de dérapage des accès d'entrée des horloges.....	16
	Annexe A – Modèles de référence pour le dérapage et bilans des dérapages.....	16
A.1	Accumulation du dérapage à 1544 kbit/s.....	16
	A.1.1 Accumulation du dérapage à 1544 kbit/s et hypothèses du modèle de simulation du glissement	18
A.2	Accumulation du dérapage à 44 736 kbit/s.....	20

Introduction et rappel

Dans un réseau de transport, la gigue et le dérapage s'accroissent dans les conduits de données au fur et à mesure de leur production et selon les caractéristiques de transfert de chaque équipement interconnecté. Ces équipements peuvent comprendre différents types de multiplexeurs/démultiplexeurs, de répartiteurs et de systèmes de ligne, par exemple.

Un taux excessif de gigue et de dérapage peut avoir des effets défavorables sur les signaux aussi bien numériques (production d'erreurs sur les bits, glissements non commandés et autres anomalies) qu'analogiques (modulation parasite de la phase du signal transmis). Les conséquences d'une telle déficience vont généralement dépendre du service particulier qui est acheminé et de l'équipement terminal ou de l'équipement d'adaptation mis en œuvre.

Il est donc indispensable de fixer des limites relatives à l'amplitude de la gigue et du dérapage aux interfaces avec le réseau, afin de garantir une qualité des signaux transmis et une conception de l'équipement appropriées.

Recommandation UIT-T G.824

Régulation de la gigue et du dérapage dans les réseaux numériques basés sur la hiérarchie à 1544 kbit/s

1 Domaine d'application

La présente Recommandation UIT-T spécifie les paramètres et les valeurs limites correspondantes appropriés qui permettent de limiter de manière satisfaisante le taux de gigue et de dérapage qui est présent aux interfaces de nœud de réseau (NNI, *network-node interface*) en hiérarchie numérique synchrone (SDH, *synchronous digital hierarchy*) et en hiérarchie numérique plésiochrone (PDH, *plesiochronous digital hierarchy*) basées sur la hiérarchie à 1544 kbit/s.

Un taux excessif de gigue et de dérapage peut avoir des effets défavorables sur les signaux aussi bien numériques (production d'erreurs sur les bits, glissements non commandés) qu'analogiques (modulation parasite de la phase du signal transmis). Il est donc indispensable de fixer des limites relatives à la présence de la gigue et du dérapage aux interfaces avec le réseau, afin de garantir une qualité appropriée des signaux transmis.

Le domaine d'application de la présente Recommandation UIT-T consiste à définir les paramètres et les valeurs correspondantes qui permettront de limiter de manière satisfaisante le taux de gigue et de dérapage présent aux interfaces d'un réseau PDH.

Les caractéristiques électriques des interfaces réseau correspondantes sont décrites dans la Recommandation UIT-T G.703.

La régulation de la gigue et du dérapage est basée sur les principes suivants:

- a) nécessité de recommander une valeur limite maximale, qui ne devra être dépassée dans aucune interface pertinente du réseau (c'est-à-dire en ce qui concerne le transfert, la production et la tolérance de gigue et de dérapage);
- b) nécessité de recommander un cadre homogène pour la spécification d'équipements numériques individuels;
- c) nécessité de fournir aux organisations des informations et des directives suffisantes pour mesurer et étudier l'accumulation de la gigue et du dérapage dans une configuration de réseau quelconque.

2 Références

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.

- [1] Recommandation UIT-T G.703 (1998), *Caractéristiques physiques et électriques des jonctions numériques hiérarchiques*.
- [2] Recommandation CCITT G.743 (1988), *Équipement de multiplexage numérique du deuxième ordre fonctionnant à 6312 kbit/s avec justification positive*.
- [3] Recommandation CCITT G.752 (1988), *Caractéristiques des équipements de multiplexage numériques fondés sur un débit binaire du deuxième ordre (6312 kbit/s) utilisant une justification positive*.

- [4] Recommandation UIT-T G.783 (1997), *Caractéristiques des blocs fonctionnels des équipements de la hiérarchie numérique synchrone.*
- [5] Recommandation CCITT G.801 (1988), *Modèles de transmission numérique.*
- [6] Recommandation UIT-T G.803 (2000), *Architecture des réseaux de transport à hiérarchie numérique synchrone.*
- [7] Recommandation UIT-T G.810 (1996), *Définitions et terminologie des réseaux de synchronisation.*
- [8] Recommandation UIT-T G.811 (1997), *Caractéristiques de rythme des horloges de référence primaires.*
- [9] Recommandation UIT-T G.812 (1998), *Spécifications de rythme des horloges asservies utilisées comme horloges nodales dans les réseaux de synchronisation.*
- [10] Recommandation UIT-T G.813 (1996), *Caractéristiques de rythme des horloges asservies utilisées dans les équipements SDH.*
- [11] Recommandation CCITT G.822 (1988), *Objectifs de limitation du taux de glissement commandé dans une communication numérique internationale.*
- [12] Recommandation UIT-T G.823 (2000), *Régulation de la gigue et du dérapage dans les réseaux numériques basés sur la hiérarchie à 2048 kbit/s.*
- [13] Recommandation UIT-T G.825 (2000), *Régulation de la gigue et du dérapage dans les réseaux numériques à hiérarchie numérique synchrone.*
- [14] Recommandation UIT-T G.957 (1999), *Interfaces optiques pour les équipements et les systèmes relatifs à la hiérarchie numérique synchrone.*
- [15] Recommandation UIT-T I.431 (1993), *Interface à débit primaire usager-réseau – Spécification de la couche 1.*
- [16] Recommandation UIT-T O.150 (1996), *Prescriptions générales relatives aux appareils de mesure des caractéristiques de fonctionnement des équipements de transmission numérique.*
- [17] 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.*
- [18] Recommandation UIT-T O.172 (1999), *Appareil de mesure de la gigue et du dérapage dans les systèmes numériques à hiérarchie numérique synchrone.*
- [19] Recommandation UIT-T Q.541 (1993), *Objectifs nominaux des commutateurs numériques – Considérations générales.*

3 Définitions

La présente Recommandation définit les termes suivants. Des définitions supplémentaires se rapportant aux réseaux de synchronisation sont données dans la Recommandation UIT-T G.810.

3.1 interface synchrone: pour les besoins de la présente Recommandation UIT-T, on définit une interface synchrone comme étant telle que son débit binaire dérive d'une source dont la fréquence est attribuable en bout de chaîne à une horloge de référence primaire.

3.2 interface asynchrone: interface fournit un signal de sortie dont la fréquence n'est pas attribuable à une horloge de référence primaire mais respecte les spécifications en matière de décalage de fréquence qui sont données dans la Recommandation UIT-T G.703.

3.3 interface de trafic: cette interface peut être synchrone (c'est-à-dire la fréquence est normalement attribuable à une horloge de référence primaire) ou asynchrone (c'est-à-dire respectant les spécifications en matière de décalage de fréquence de la Recommandation UIT-T G.703), et les

limites de réseau sont spécifiées dans la présente Recommandation UIT-T à l'aide du paramètre erreur relative maximale d'intervalle temporel (MRTIE, *maximum relative time interval error*). La tolérance de gigue et de dérapage d'entrée est aussi spécifiée dans la présente Recommandation UIT-T. On peut encore subdiviser cette catégorie d'interfaces comme suit:

- a) interfaces n'étant pas en mesure de fournir une synchronisation ou ne devant pas le faire. Une interface ne prenant en charge que les signaux PDH à 44 736 kbit/s conformément à la Recommandation UIT-T G.703 en est un exemple;
- b) interfaces n'étant pas en mesure de fournir une synchronisation d'un niveau de qualité donné, mais qui sont néanmoins utilisées pour donner le rythme aux autres éléments de réseau tels que les équipements terminaux, les concentrateurs distants, etc. Des signaux PDH à 1544 et 44 736 kbit/s PDH acheminés dans un réseau en hiérarchie SDH, qui peuvent être soumis aux justifications de pointeur, en sont des exemples. La Recommandation UIT-T G.803 recommande de ne pas utiliser ces interfaces pour la synchronisation;
- c) interfaces étant en mesure de fournir une synchronisation d'un niveau de qualité donné, auquel cas elle sont définies comme étant des interfaces de synchronisation.

3.4 interface de synchronisation: cette interface est synchrone (c'est-à-dire la fréquence est normalement attribuable à une horloge PRC) et convient pour donner le rythme aux horloges de réseau [unités de synchronisation (SSU, *synchronization supply unit*) et horloges d'équipement SDH (SEC, *SDH equipment clock*)]. Les limites de réseau pour les interfaces de synchronisation sont spécifiées à l'aide des paramètres erreur maximale d'intervalle temporel (MTIE, *maximum time interval error*) et écart temporel (TDEV, *time deviation*) et des valeurs qui sont données dans la présente Recommandation UIT-T. La tolérance de gigue et de dérapage d'entrée des accès d'équipement d'horloge est définie dans la Recommandation UIT-T G.812 (pour l'équipement comportant une fonction SSU) et dans la deuxième option de la Recommandation UIT-T G.813 (pour l'équipement comportant une fonction SEC).

3.5 transitoire de phase: perturbations de phase de durée limitée, observées aux interfaces de synchronisation et de trafic, qui peuvent être dues à la commutation d'horloges ou aux justifications de pointeur. La durée des transitoires de phase qui sont dus à la commutation d'horloges dépend de l'horloge concernée. La durée d'un transitoire pour une horloge conforme à celles de la Recommandation UIT-T G.813 peut être de l'ordre de quelques millisecondes à quelques secondes, tandis que celle pour une horloge conforme à celles de la Recommandation UIT-T G.812 peut être de plusieurs heures. La durée des transitoires de phase qui sont dus aux ajustements de pointeur est actuellement non définie, mais on prévoit qu'elle sera de l'ordre de quelques secondes. Les transitoires de phase sont spécifiés à l'aide de l'écart de phase maximal et du décalage de fréquence temporaire maximal.

4 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

AU-n	unité administrative de niveau n (<i>administrative unit, level n</i>)
FPM	scintillation de phase (<i>flicker phase modulation</i>)
MRTIE	erreur relative maximale d'intervalle temporel (<i>maximum relative time interval error</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>)
PRBS	séquence binaire pseudo-aléatoire (<i>pseudo-random binary sequence</i>)

PRC	horloge de référence primaire (<i>primary reference clock</i>)
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>)
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
VC	conteneur virtuel (<i>virtual container</i>)
WFM	bruit blanc de fréquence (<i>white frequency modulation</i>)

5 Limites de réseau pour la gigue et le dérapage aux interfaces de trafic

5.1 Limites pour la gigue

La spécification de valeurs maximales admissibles de la gigue de sortie aux interfaces hiérarchiques de réseau est nécessaire pour permettre d'interconnecter les éléments du réseau numérique (sections de ligne, équipement de multiplexage, commutateurs) et former un conduit ou une communication numérique. Ces limites doivent être observées quel que soit le nombre d'éléments de réseau interconnectés en amont de l'interface. Les limites sont censées être compatibles avec la tolérance de gigue minimale de tous les équipements fonctionnant au même niveau hiérarchique. Il faut noter que les spécifications pour les accès d'entrée des horloges peuvent être différentes, comme décrit en 7.2.1.

La relation entre les limites de réseau et la tolérance d'entrée est étroite, de manière que les fréquences de coupure des filtres de mesure de la gigue utilisées dans le Tableau 1 ont les mêmes valeurs que les fréquences d'angle du gabarit de tolérance de gigue utilisées en 7.2. Ces limites représentent les limites maximales admissibles de la gigue de sortie aux interfaces hiérarchiques d'un réseau numérique. Dans le cas où l'amplitude de gigue maximale admissible se produit à une interface entre deux pays, il est laissé à l'initiative des Administrations nationales de prendre les mesures appropriées pour faire face à cette situation qui, vraisemblablement, ne se produira que très rarement.

Pour les équipements qui ne sont pas commandés par un système de synchronisation des réseaux, mais par une horloge autonome (par exemple un pilote à quartz), des valeurs de gigue à la sortie plus rigoureuses peuvent être définies dans les spécifications relatives aux équipements (par exemple pour le muldex dans la Recommandation UIT-T G.734 et au sujet de l'accès à débit primaire dans la Recommandation UIT-T I.431).

Le dispositif de mesure de la gigue de sortie à une interface numérique est représenté dans la Recommandation UIT-T O.172. Les valeurs limites de gigue spécifique et les valeurs des fréquences de coupure du filtre sont données dans le Tableau 1. Les filtres de mesure passe-haut dans le Tableau 1 ont une caractéristique du premier ordre et une pente de 20 dB/décade. Les filtres de mesure passe-bas ont une caractéristique de Butterworth la plus uniforme possible et une pente de –20 dB/décade. D'autres spécifications relatives à la réponse en fréquence de la fonction de mesure de la gigue, telles que la précision du filtre de mesure et les pôles de filtrage supplémentaires permis sont données dans la Recommandation UIT-T O.172. On doit en particulier mesurer la gigue pour

les systèmes PDH qui sont tributaires de systèmes SDH à l'aide d'un dispositif d'essai qui est conforme à ceux de la Recommandation UIT-T O.172 à cause du caractère inhabituel de la gigue dont la justification de pointeur est responsable.

Les spécifications relatives à la gigue et au dérapage pour une interface seront différentes, suivant que le signal à l'interface est utilisé pour le transport du trafic ou de la synchronisation. Dans les cas où un signal de trafic est employé pour acheminer la synchronisation, la limite pour la gigue qui est donnée dans la Figure 3 s'applique.

Tableau 1/G.824 – Gigue maximale admissible aux interfaces de trafic

Débit binaire (kbit/s)	Largeur de bande du filtre de mesure Fréquences (Hz) à -3 dB	Amplitude de crête à crête (UIpp)
1 544	10 à 40 k	5,0
	8 à 40 k	0,1
6 312	10 à 60 k	5,0
	3 à 60 k	0,1 (Note 1)
32 064	10 à 400 k	5,0
	8 à 400 k	0,1 (Note 1)
44 736	10 à 400 k	5,0
	30 à 400 k	0,1
97 728	10 à 1000 k	5,0
	240 à 1000 k	0,1
NOTE 1 – Cette valeur doit faire l'objet d'un complément d'étude.		
NOTE 2 – 1 544 kbit/s 1 UI = 647 ns		
6 312 kbit/s 1 UI = 158 ns		
32 064 kbit/s 1 UI = 31,1 ns		
44 736 kbit/s 1 UI = 22,3 ns		
97 728 kbit/s 1 UI = 10,2 ns		

5.2 Limites pour le dérapage

Des spécifications pour le dérapage de sortie du réseau aux nœuds de réseau synchrones sont nécessaires afin d'assurer une qualité de fonctionnement de réseau satisfaisante (en ce qui concerne par exemple les glissements, les paquets d'erreurs). Pour les nœuds de réseau, on spécifie les limites suivantes, fondées sur l'hypothèse d'un signal de synchronisation non idéal (c'est-à-dire contenant gigue, dérapage, erreur de fréquence ou autres dégradations) sur la ligne qui fournit l'information de rythme.

Les signaux à 1544 kbit/s et 44 736 kbit/s doivent non seulement être conformes aux limites pour le dérapage qui sont données ici, mais aussi aux limites pour la fréquence qui sont données dans la Recommandation UIT-T G.703.

Les méthodes de mesure des erreurs MTIE et MRTIE sont décrites à l'Appendice II/G.823.

5.2.1 Interface de réseau synchrone à 1544 kbit/s

A l'interface de réseau, le dérapage d'un signal de réseau à 1544 kbit/s ne doit pas comporter d'erreur MTIE (τ) dont la valeur est supérieure à 28 intervalles unitaires (UI, *unitary interval*) (18 μ s) pour $\tau = 24$ heures, et à 13 UI (8,4 μ s) pour $\tau = 15$ minutes (voir Tableau 2).

Tableau 2/G.824 – Interface de réseau synchrone au débit de 1544 kbit/s

Intervalle d'observation (τ) en secondes	MTIE en μ s
$\tau \leq 900$	8,4
$900 < \tau \leq 86\ 400$	18,0

5.2.2 Interface de réseau synchrone à 44 736 kbit/s

Le dérapage d'un signal de réseau à 44 736 kbit/s ne doit pas comporter d'erreur MRTIE dont la valeur est supérieure aux limites qui sont données dans le Tableau 3 et illustrées dans la Figure 1.

Tableau 3/G.824 – Limite pour le dérapage à une interface de réseau à 44 736 kbit/s

Intervalle d'observation τ en secondes	MRTIE (τ) en ns
$0,1 < \tau \leq 0,195$	7700τ
$0,195 < \tau \leq 5200$	$1400 + 230 \tau^{0,5}$
$5200 < \tau$	18 000

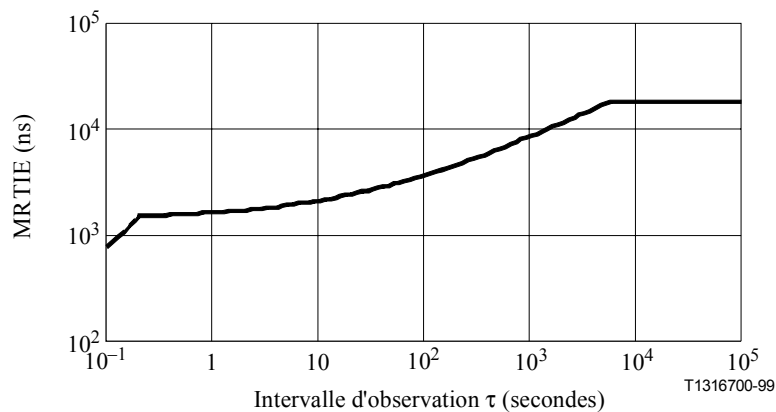


Figure 1/G.824 – Limite pour le dérapage à une interface de réseau à 44 736 kbit/s

5.3 Transitoires de phase

A l'interface de réseau, au cours des transitoires de phase (dus généralement à la réorganisation de la synchronisation du réseau), l'écart de phase ne doit pas dépasser 1 μ s, et le décalage de la fréquence du signal par rapport à la fréquence nominale ne doit pas dépasser 61 ppm. On prévoit que les transitoires de phase ne se produiront que rarement.

6 Limites de réseau pour la gigue et le dérapage aux interfaces de synchronisation

Les signaux qui sont utilisés pour la synchronisation des réseaux numériques basés sur la hiérarchie à 1544 kbit/s sont des signaux à 1544 kbit/s et des signaux STM-N. Le présent paragraphe donne les limites pour les signaux à 1544 kbit/s qui sont utilisés pour la synchronisation; les limites pour les signaux STM-N qui sont utilisés pour le transport de la synchronisation sont données dans la Recommandation UIT-T G.825.

6.1 Limites de réseau pour la gigue

Les limites de réseau pour la gigue applicables aux signaux à 1544 kbit/s qui sont utilisés pour la synchronisation sont les mêmes que celles qui sont applicables aux signaux de trafic à 1544 kbit/s (voir 5.1).

6.2 Limites de réseau pour le dérapage

6.2.1 Sortie d'horloge de référence primaire

La limite de réseau pour le dérapage qui peut être produit à l'interface de sortie d'une horloge PRC est donnée dans le Tableau 4. Voir également la Figure 2.

Tableau 4/G.824 – Limite pour l'erreur MTIE à la sortie d'une horloge PRC

Intervalle d'observation, τ (secondes)	MTIE (ns)
$0,05 < \tau \leq 1000$	$10 + 0,29 \tau$
$1000 < \tau$	$290 + 0,01 \tau$

NOTE – La région $\tau < 0,05$ secondes correspond aux variations de phase, les composantes spectrales étant supérieures à 10 Hz.

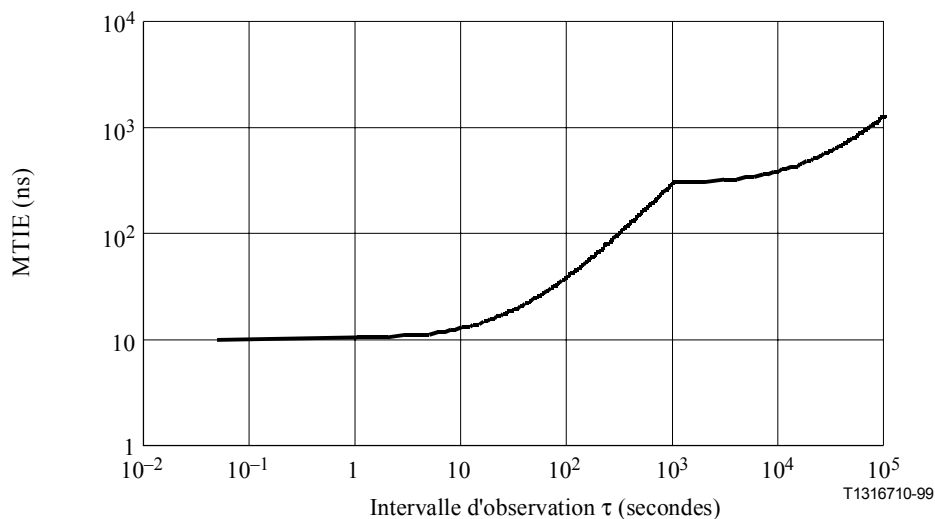


Figure 2/G.824 – Limite pour l'erreur MTIE à la sortie d'une horloge de référence primaire

6.2.2 Interface de référence à 1544 kbit/s

La limite de réseau pour le dérapage qui peut être produit à la sortie pour une interface à 1544 kbit/s est donnée dans le Tableau 5.

Tableau 5/G.824 – Limite pour l'erreur MTIE dans le cas de signaux de référence à 1544 kbit/s

Intervalle d'observation, τ (secondes)	MTIE (ns)
$0,05 \leq \tau \leq 280$	$300 + 2,5 \tau$
$280 < \tau$	$997 + 0,01 \tau$

La spécification globale qui en résulte est illustrée dans la Figure 3.

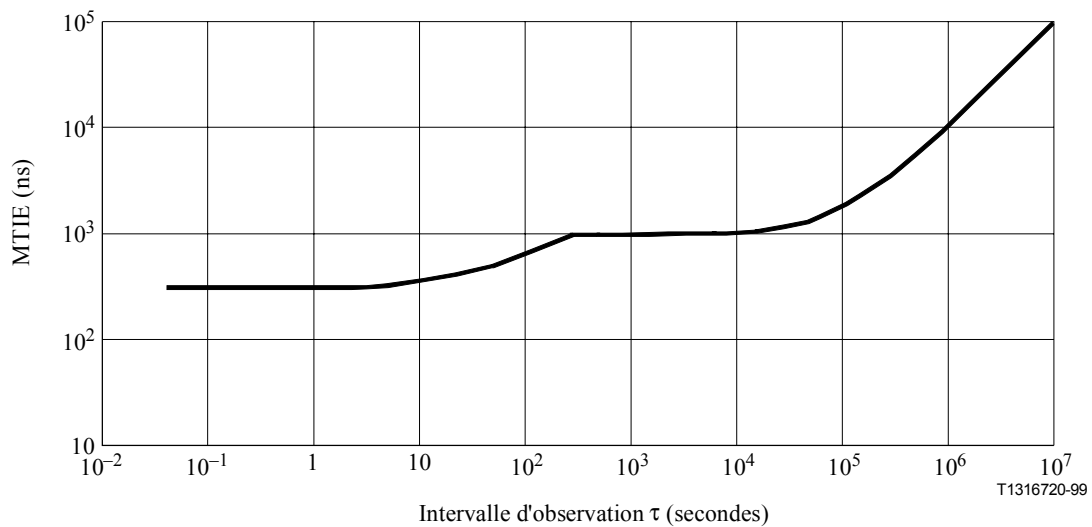


Figure 3/G.824 – Limite pour l'erreur MTIE dans le cas de signaux de référence à 1544 kbit/s

L'écart TDEV pour un intervalle d'observation de τ secondes ne doit pas dépasser le gabarit qui est donné dans le Tableau 6.

Tableau 6/G.824 – Limite pour l'écart TDEV dans le cas de signaux de référence à 1544 kbit/s

Intervalle d'observation, τ (secondes)	TDEV (ns)
$0,05 < \tau \leq 10$	100
$10 < \tau \leq 1000$	$31,623 \tau^{0,5}$

La spécification globale qui en résulte est illustrée dans la Figure 4.

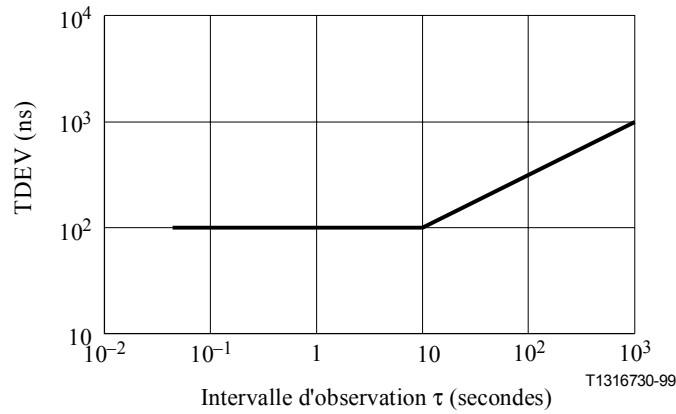


Figure 4/G.824 – Limite pour l'écart TDEV dans le cas de signaux de référence à 1544 kbit/s

Les simulations et les analyses ont montré (voir Annexe A) qu'afin de satisfaire au taux de glissement qui est donné dans la Recommandation UIT-T G.822, la stabilité à court terme du signal de référence d'entrée dans une horloge SEC de la deuxième option doit être supérieure à celle qui est spécifiée dans le Tableau 5. L'écart temporel (TDEV) du signal de synchronisation de référence d'entrée à 1544 kbit/s dans une horloge de la deuxième option qui est conforme à celles de la Recommandation UIT-T G.813 ne doit pas dépasser, pour un intervalle d'observation τ , les valeurs qui sont données dans le Tableau 7. Les critères qui sont spécifiés dans les Tableaux 5 et 6 ont été obtenus à partir de sources différentes; les deux spécifications doivent toutefois être respectées.

Tableau 7/G.824 – Limite pour l'écart TDEV dans le cas de signaux de référence à 1544 kbit/s convenant pour la synchronisation d'une horloge SEC de la deuxième option

Intervalle d'observation, τ (secondes)	TDEV (ns)
$0,05 < \tau \leq 10$	10
$10 < \tau \leq 1000$	$3,1623 \tau^{0,5}$

La spécification globale qui en résulte est illustrée dans la Figure 5.

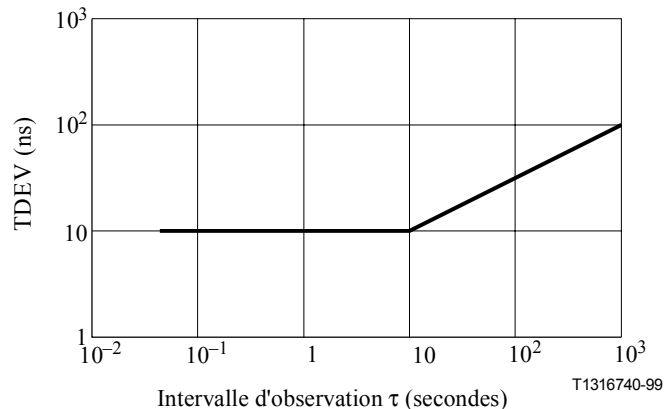


Figure 5/G.824 – Limite pour l'écart TDEV dans le cas de signaux de référence à 1544 kbit/s convenant pour la synchronisation d'une horloge SEC de la deuxième option

7 Tolérance de gigue et de dérapage aux interfaces de réseau

7.1 Principes de spécification fondamentaux

La régulation de la gigue et du dérapage dépend essentiellement de la conception du réseau et de celle des équipements. On trouvera dans les paragraphes 5 et 6 des considérations relatives au réseau. Les principaux paramètres dont il faut tenir compte lorsqu'on étudie les caractéristiques de gigue ou de dérapage d'un équipement numérique sont les suivants:

- a) la gigue et le dérapage qui peuvent être tolérés à l'entrée;
- b) la partie de ce dérapage et de cette gigue d'entrée qui est transférée vers la sortie;
- c) la gigue et le dérapage produits par l'équipement.

L'objet du présent sous-paragraphe est d'établir une base pour définir les conditions auxquelles doivent satisfaire les équipements pour assurer la compatibilité des divers équipements de réseau pour ce qui est des caractéristiques de dérapage et de gigue. Afin d'être complet sur le plan technique, on a énuméré ces trois paramètres de qualité de fonctionnement, mais les points b) et c) concernent des spécifications qui se rapportent à l'équipement.

7.2 Tolérance de gigue et de dérapage des accès d'entrée de trafic

Pour qu'un équipement quelconque puisse fonctionner de façon satisfaisante lorsqu'il est connecté à une interface hiérarchique dans le réseau, les accès d'entrée de cet équipement doivent pouvoir accepter des niveaux de gigue et de dérapage de sortie de réseau allant jusqu'aux limites maximales de réseau spécifiées en 7.2.1 à 7.2.5. La spécification de la tolérance de gigue d'entrée sous forme de Recommandation unique applicable à toutes les catégories d'équipements numériques garantit le respect d'une certaine tolérance de gigue minimale par tous les éléments de réseau. La plupart des spécifications de tolérance à l'entrée des équipements sont exprimées en fonction de l'amplitude de la gigue sinusoïdale qui peut être appliquée à diverses fréquences, sans causer une dégradation donnée de la performance d'erreur. On a souvent recours à cette forme de spécification en raison de sa simplicité; en effet, elle est facile à vérifier avec un appareil de mesure classique. Toutefois, il importe de reconnaître que les conditions d'essai proprement dites ne sont pas censées représenter le type de gigue que l'on trouve couramment dans un réseau. Pour certains équipements, il peut donc être nécessaire de spécifier des essais de tolérance de gigue supplémentaires, et de se reporter à tel ou tel équipement¹. A titre de directive minimale concernant la tolérance de l'équipement, il est recommandé de faire en sorte que tous les accès d'entrée numérique des équipements puissent tolérer la gigue sinusoïdale et le dérapage définis dans les figures et les tableaux des 7.2.1 à 7.2.5. Les limites doivent être observées pendant le fonctionnement. Il faut noter que les accès d'entrée des horloges peuvent faire l'objet de spécifications différentes, comme décrit en 7.3.

Le dérapage/gigue est superposé à un signal de rythme qui est idéalement synchrone avec une horloge de référence et en pratique raisonnablement stable. Les instruments préconisés dans les Recommandations UIT-T O.171 et O.172 se prêtent à la mesure de la gigue dans les systèmes PDH et SDH, respectivement.

¹ Dans le cas du dérapage, un gabarit de tolérance sinusoïdal ne rend pas nécessairement compte de l'ensemble des dérapages éventuels qui pourraient se produire dans un réseau, parce que, dans un réseau réel, une grande partie des dérapages est due au bruit de phase et aux transitoires de phase aléatoires plutôt qu'aux signaux sinusoïdaux ou périodiques. Toutefois, on prévoit que si l'équipement (extérieur au réseau) qui est connecté à l'interface de trafic est conçu de manière à disposer d'une mémoire tampon et de caractéristiques de transfert appropriées, permettant de respecter les spécifications de sortie respectives lorsque le dérapage au niveau du gabarit est à l'entrée, alors l'équipement tolérera le dérapage qui est produit dans la plupart des connexions réelles.

NOTE – La Recommandation UIT-T O.172 comporte des spécifications concernant un ensemble d'essais destinés à mesurer des systèmes fonctionnant au débit PDH qui sont tributaires de systèmes SDH, à appliquer lorsque les spécifications concernant l'ensemble d'essais des systèmes SDH sont plus strictes que celles qui se rapportent aux systèmes PDH. Des instruments conformes à ceux de la Recommandation UIT-T O.172 doivent donc être utilisés aux interfaces PDH des systèmes SDH.

En déterminant les spécifications des Tableaux 8, 9, 10, 11 et 12 pour les fréquences supérieures à 6 kHz, 2,5 kHz, 8 kHz, 30 kHz et 240 kHz, respectivement, on a considéré que les effets découlant de la gigue d'alignement pour la récupération de l'horloge d'équipement étaient prédominants.

Le dérapage à très basse fréquence s'accumule dans le réseau, et l'équipement de transmission, tel que des systèmes de ligne numériques et des multiplexeurs/démultiplexeurs asynchrones qui utilisent des techniques de justification, est effectivement transparent à ces changements de phase à très basse fréquence. Toutefois, il n'est pas nécessaire de s'adapter à de telles variations de phase à l'entrée de certains équipements (par exemple, les commutateurs numériques ou les muldex synchrones).

Lorsque deux ou plusieurs signaux d'entrée aboutissent à un nœud et qu'un des deux signaux est utilisé pour synchroniser le nœud, celui-ci doit tolérer une différence de phase entre les deux signaux d'entrée qui peut s'élever à 18 μ s.

La tolérance de dérapage de l'équipement doit être compatible avec les limites de dérapage à la sortie du réseau spécifiées en 5.2. Une tolérance de dérapage insuffisante aux accès d'entrée de l'équipement synchrone peut conduire à des glissements contrôlés ou non contrôlés, suivant la méthode particulière de régulation du glissement qui est utilisée.

7.2.1 Tolérance de gigue et de dérapage d'entrée à 1544 kbit/s

A titre de directive minimale concernant la tolérance de l'équipement, il est recommandé de faire en sorte que tous les accès d'entrée numérique à 1544 kbit/s des équipements puissent tolérer la gigue sinusoïdale et le dérapage définis dans la Figure 6 et le Tableau 8. Les limites doivent être observées pendant le fonctionnement. La séquence d'essai à employer est une séquence binaire pseudo-aléatoire (PRBS, *pseudo-random binary sequence*) de longueur $2^{20} - 1$, définie dans la Recommandation UIT-T O.150.

Tableau 8/G.824 – Tolérance de gigue et de dérapage des accès d'entrée à 1544 kbit/s

Fréquence f (Hz)	Amplitude de crête à crête (UI)
$1,2 \times 10^{-5} \leq f \leq 3,5 \times 10^{-4}$	28 (18 μ s) (Note 2)
$3,5 \times 10^{-4} < f \leq 5,6 \times 10^{-4}$	$9,8 \times 10^{-3} f^{-1}$ ($6,35 \times 10^{-3} f^{-1} \mu$ s)
$5,6 \times 10^{-4} < f \leq 0,014$	17 (11 μ s)
$0,014 < f \leq 0,016$	$0,238 f^{-1}$ ($0,154 f^{-1} \mu$ s)
$0,016 < f \leq 0,16$	15 (10 μ s)
$0,16 < f \leq 0,19$	$2,4 f^{-1}$ ($1,6 f^{-1} \mu$ s)
$0,19 < f \leq 3,9$	13 (8,4 μ s)
$3,9 < f \leq 10$	$50,7 f^{-1}$ ($32,8 f^{-1} \mu$ s)
$10 < f \leq 120$	5 (3,2 μ s)
$120 < f \leq 6000$	$600 f^{-1}$ ($384 f^{-1} \mu$ s)
$6000 < f \leq 40\ 000$	0,1 (0,0648 μ s) (Note 1)

Tableau 8/G.824 – Tolérance de gigue et de dérapage des accès d'entrée à 1544 kbit/s (*fin*)

NOTE 1 – Cette valeur doit faire l'objet d'un complément d'étude.
 NOTE 2 – La valeur de 18 μ s représente un décalage de phase relatif entre le signal entrant et le signal de rythme local interne provenant de l'horloge de référence. Un exemple de configuration de référence expliquant la valeur de 18 μ s est donné à l'Annexe A.

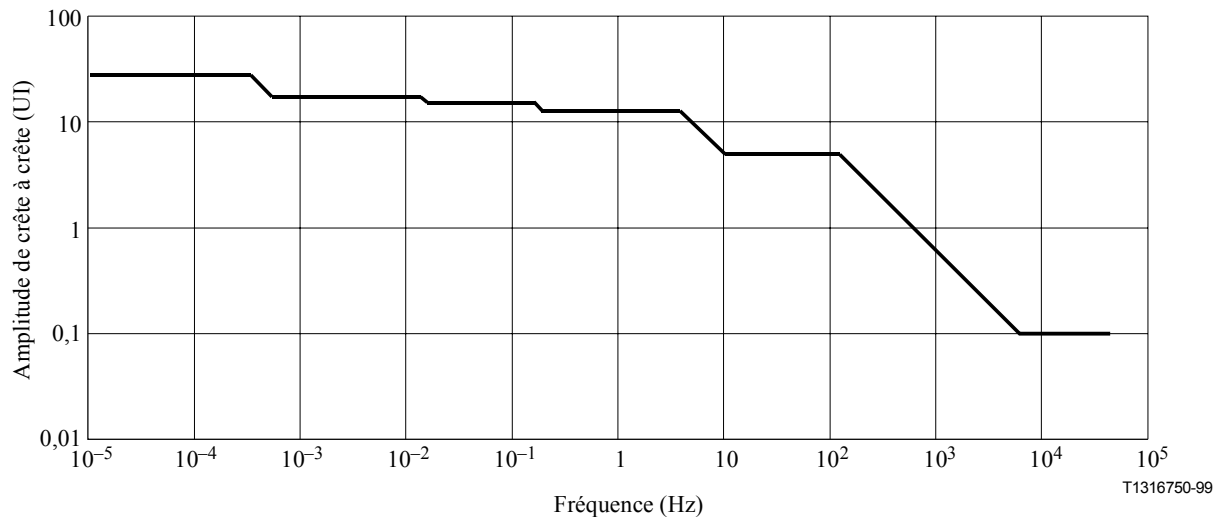


Figure 6/G.824 – Tolérance de gigue et de dérapage des accès d'entrée à 1544 kbit/s

7.2.2 Tolérance de gigue et de dérapage d'entrée à 6312 kbit/s

A titre de directive minimale concernant la tolérance de l'équipement, il est recommandé de faire en sorte que tous les accès d'entrée numérique à 6312 kbit/s des équipements puissent tolérer la gigue sinusoïdale et le dérapage définis dans la Figure 7 et le Tableau 9. Les limites doivent être observées pendant le fonctionnement. La séquence d'essai à employer est une séquence PRBS de longueur $2^{20} - 1$ (il faut noter que cette valeur doit faire l'objet d'un complément d'étude), définie dans la Recommandation UIT-T O.150.

Tableau 9/G.824 – Tolérance de gigue et de dérapage des accès d'entrée à 6312 kbit/s

Fréquence f (Hz)	Amplitude de crête à crête (UI)
$1,2 \times 10^{-5} \leq f < 10$	$8,479 f^{-0,2293} (1,343 f^{-0,2293} \mu\text{s})$
$10 \leq f \leq 50$	5 (0,79 μ s)
$50 < f \leq 2500$	$250 f^{-1} (39,6 f^{-1})$
$2500 < f \leq 60\ 000$	0,1 (0,016 μ s)

NOTE – La valeur de 18 μ s à 12 μ Hz représente un décalage de phase relatif entre le signal entrant et le signal de rythme local interne provenant de l'horloge de référence. Un exemple de configuration de référence expliquant la valeur de 18 μ s est donné à l'Annexe A.

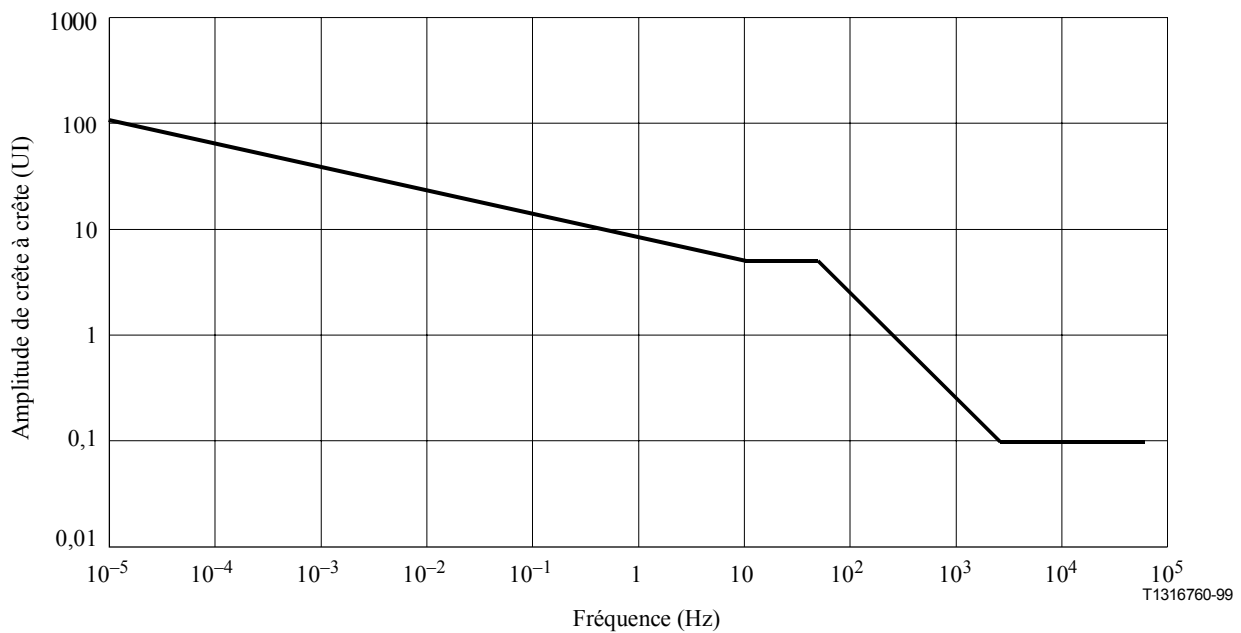


Figure 7/G.824 – Tolérance de gigue et de dérapage des accès d'entrée à 6312 kbit/s

7.2.3 Tolérance de gigue et de dérapage d'entrée à 32 064 kbit/s

A titre de directive minimale concernant la tolérance de l'équipement, il est recommandé de faire en sorte que tous les accès d'entrée numérique à 32 064 kbit/s des équipements puissent tolérer la gigue sinusoïdale et le dérapage définis dans la Figure 8 et le Tableau 10. Les limites doivent être observées pendant le fonctionnement. La séquence d'essai à employer est une séquence PRBS de longueur $2^{20} - 1$, définie dans la Recommandation UIT-T O.150.

Tableau 10/G.824 – Tolérance de gigue et de dérapage des accès d'entrée à 32 064 kbit/s

Fréquence f (Hz)	Amplitude de crête à crête (UI)
$1,2 \times 10^{-5} \leq f < 10$	$5,206 f^{-0,4155}$ ($0,1624 f^{-0,4155} \mu\text{s}$)
$10 \leq f \leq 400$	2 ($0,0625 \mu\text{s}$)
$400 < f \leq 8000$	$800 f^{-1}$ ($25 f^{-1}$)
$8000 < f \leq 400\ 000$	0,1 ($3,12 \times 10^{-3} \mu\text{s}$)

NOTE – La valeur de 18 μs à 12 μHz représente un décalage de phase relatif entre le signal entrant et le signal de rythme local interne provenant de l'horloge de référence. Un exemple de configuration de référence expliquant la valeur de 18 μs est donné à l'Annexe A.

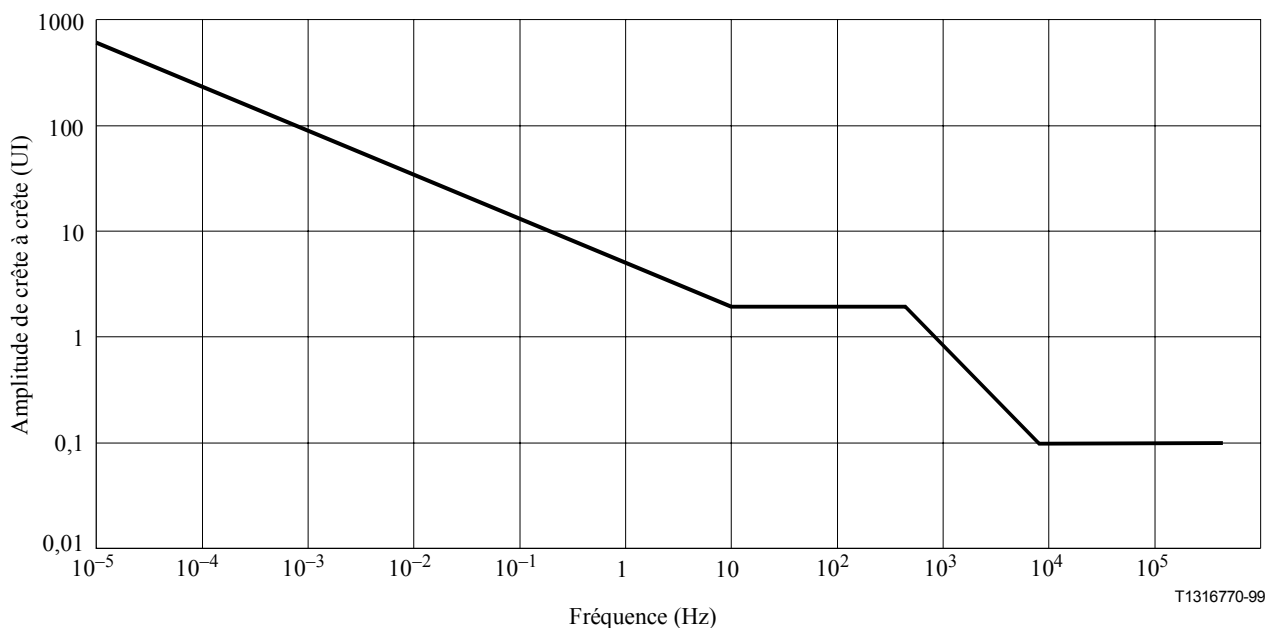


Figure 8/G.824 – Tolérance de gigue et de dérapage des accès d'entrée à 32 064 kbit/s

7.2.4 Tolérance de gigue et de dérapage d'entrée à 44 736 kbit/s

A titre de directive minimale concernant la tolérance de l'équipement, il est recommandé de faire en sorte que tous les accès d'entrée numérique à 44 736 kbit/s des équipements puissent tolérer la gigue sinusoïdale et le dérapage définis dans la Figure 9 et le Tableau 11. Les limites doivent être observées pendant le fonctionnement. La séquence d'essai à employer est une séquence PRBS de longueur $2^{20} - 1$ (il faut noter que cette valeur doit faire l'objet d'un complément d'étude), définie dans la Recommandation UIT-T O.150.

Tableau 11/G.824 – Tolérance de gigue et de dérapage des accès d'entrée à 44 736 kbit/s

Fréquence f (Hz)	Amplitude de crête à crête (UI)
$1,2 \times 10^{-5} \leq f \leq 6,12 \times 10^{-5}$	805 (18 μ s) (Note)
$6,12 \times 10^{-5} < f \leq 1,675$	$62,6 + 5,81 f^{-1/2}$ (1,4 + 0,130 $f^{-1/2}$ μ s)
$1,675 < f \leq 21,9$	$110 f^{-1}$ (2,45 f^{-1} μ s)
$21,9 < f \leq 600$	5 (0,112 μ s)
$600 < f \leq 30\ 000$	$3000 f^{-1}$ (67,1 f^{-1} μ s)
$30\ 000 < f \leq 400\ 000$	0,1 (2,24 $\times 10^{-3}$ μ s)

NOTE – La valeur de 18 μ s représente un décalage de phase relatif entre le signal entrant et le signal de rythme local interne provenant de l'horloge de référence. Un exemple de configuration de référence expliquant la valeur de 18 μ s est donné à l'Annexe A.

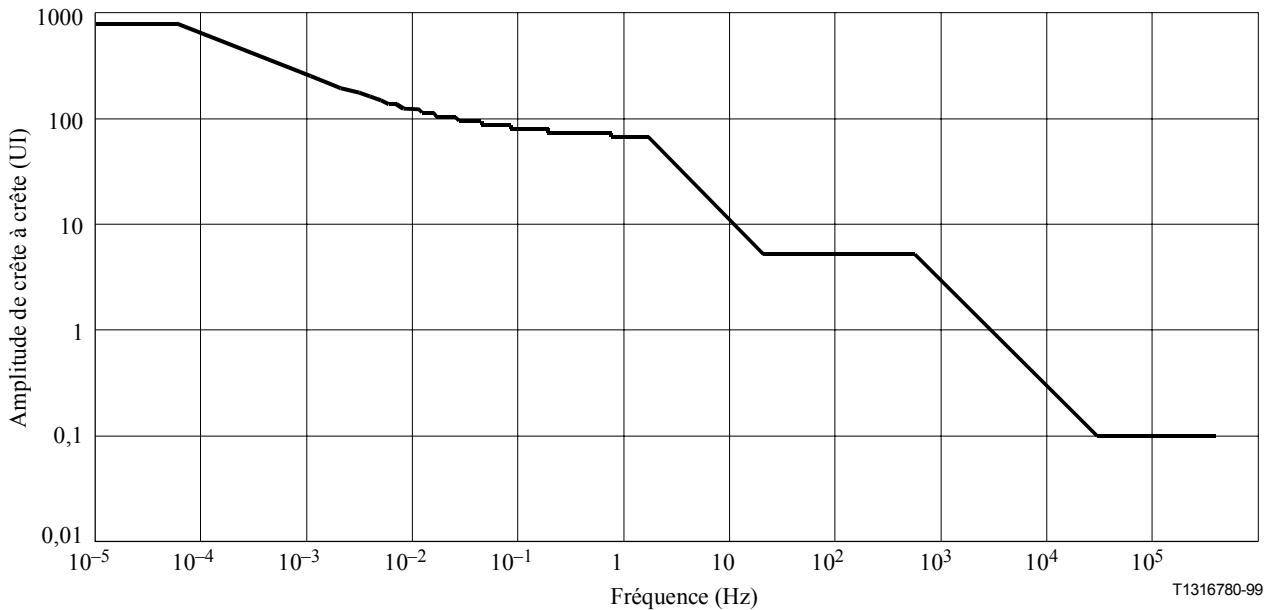


Figure 9/G.824 – Tolérance de gigue et de dérapage des accès d'entrée à 44 736 kbit/s

7.2.5 Tolérance de gigue et de dérapage d'entrée à 97 728 kbit/s

A titre de directive minimale concernant la tolérance de l'équipement, il est recommandé de faire en sorte que tous les accès d'entrée numérique à 97 728 kbit/s des équipements puissent tolérer la gigue sinusoïdale et le dérapage définis dans la Figure 10 et le Tableau 12. Les limites doivent être observées pendant le fonctionnement. La séquence d'essai à employer est une séquence PRBS de longueur $2^{23} - 1$ (il faut noter que cette valeur doit faire l'objet d'un complément d'étude), définie dans la Recommandation UIT-T O.150.

Tableau 12/G.824 – Tolérance de gigue et de dérapage des accès d'entrée à 97 728 kbit/s

Fréquence f (Hz)	Amplitude de crête à crête (UI)
$1,2 \times 10^{-5} \leq f < 10$	$6,285 f^{-0,4973}$ ($0,0643 f^{-0,4973} \mu\text{s}$)
$10 \leq f \leq 12\ 000$	2 ($0,0205 \mu\text{s}$)
$12\ 000 < f \leq 240\ 000$	$24\ 000 f^{-1}$ ($246 f^{-1}$)
$240\ 000 < f \leq 1\ 000\ 000$	0,1 ($1,02 \times 10^{-3} \mu\text{s}$)

NOTE – La valeur de $18 \mu\text{s}$ à $12 \mu\text{Hz}$ représente un décalage de phase relatif entre le signal entrant et le signal de rythme local interne provenant de l'horloge de référence. Un exemple de configuration de référence expliquant la valeur de $18 \mu\text{s}$ est donné à l'Annexe A.

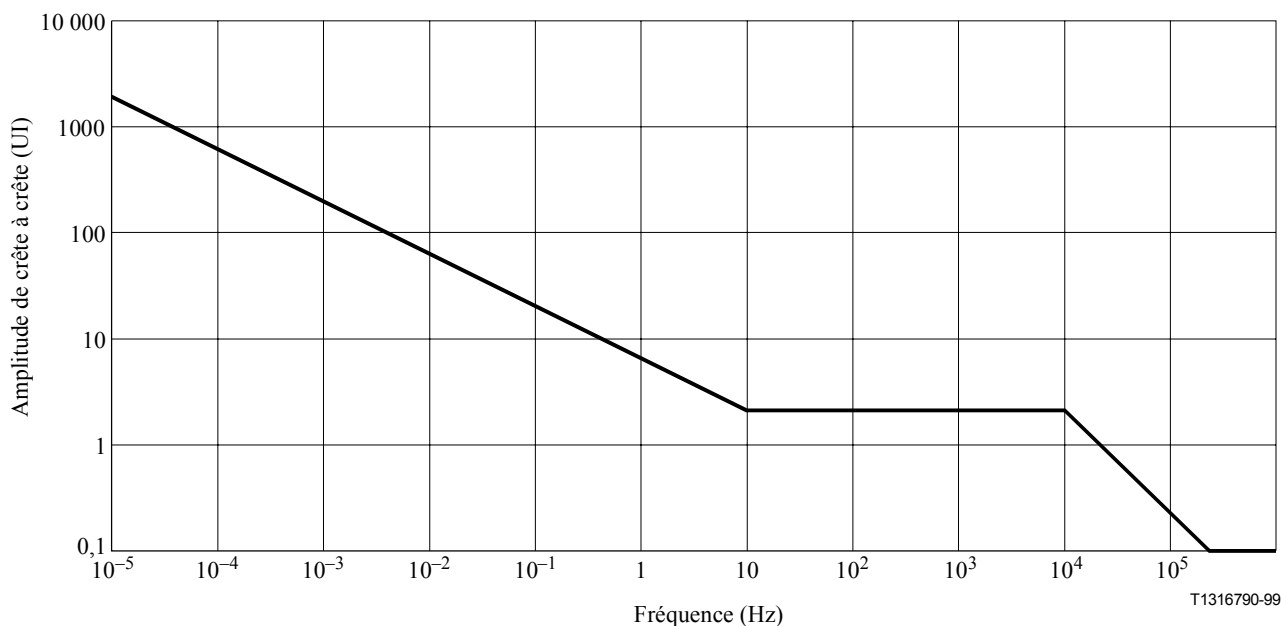


Figure 10/G.824 – Tolérance de gigue et de dérapage des accès d'entrée à 97 728 kbit/s

7.3 Tolérance de gigue et de dérapage des accès d'entrée des horloges

La tolérance de gigue et de dérapage des accès d'entrée des horloges dépend du type de l'équipement. Les spécifications relatives à la tolérance de bruit des horloges asservies qui sont destinées à être utilisées comme horloges de nœud dans des réseaux de synchronisation sont définies dans les types II et III de la Recommandation UIT-T G.812, tandis que les spécifications relatives à la tolérance de bruit des horloges d'équipement SDH sont définies dans la Recommandation UIT-T G.813 pour la deuxième option.

ANNEXE A

Modèles de référence pour le dérapage et bilans des dérapages

A.1 Accumulation du dérapage à 1544 kbit/s

Le gabarit limite TDEV de réseau pour un signal d'entrée dans une horloge SEC d'équipement SDH de la deuxième option est donné dans le Tableau 5. Ce gabarit a pour objet de faire en sorte que l'accumulation du dérapage et les glissements soient acceptables pour des charges utiles à 1544 kbit/s, acheminées à travers un réseau qui comporte des îlots, des conteneurs virtuels (VC, *virtual container*)-11 SDH, et aboutissant finalement dans des tampons à glissement contrôlé dont l'hystérèse peut atteindre des valeurs aussi petites que 18 μ s. Un îlot VC-11 est un réseau SDH à interfaces asynchrones; une connexion de référence d'îlots VC-11, destinée à mesurer le dérapage, est représentée dans la Figure A.1. Chaque îlot VC-11, tout comme d'autres parties du réseau, produit une gigue et un dérapage. Un bilan des dérapages, fondé sur des études comportant de

nombreuses simulations², a été établi pour les signaux à 1544 kbit/s qui sont acheminés à travers ces îlots. Ce bilan est aussi indiqué dans la Figure A.1. Il attribue 10,1 µs de dérapage par jour au bruit de synchronisation des éléments de réseau (NE, *network element*) SDH et aux ajustements des pointeurs aléatoires. Ce bilan a été élaboré selon les indications de la Recommandation UIT-T G.822. Dans celle-ci, il est spécifié que dans un réseau national ou local la moyenne du nombre de glissements par 24 heures doit être inférieure à 2,3 glissements (46% des cas correspondant à 5 glissements par 24 heures) pendant au moins 98,9% du temps.

Les hypothèses du modèle de simulation du dérapage et de la gigue à 1544 kbit/s sont décrites ci-après en A.1.1. Les simulations ont montré que pour un réseau comportant 8 îlots VC-11, chaque élément NE de l'équipement SDH étant synchronisé à l'aide d'un signal dont le gabarit TDEV est conforme à celui de la Figure 5, il y aura au plus 1 glissement par jour à 1544 kbit/s pendant 94,6% du temps et au plus 2 glissements par jour à 1544 kbit/s pendant 99% du temps. Le modèle ne permet pas de traiter tous les réseaux dont le nombre d'îlots VC-11 est grand. La Recommandation UIT-T G.801 stipule qu'une communication fictive de référence "... ne représente pas la communication correspondant au cas le plus défavorable, rarement observé, bien qu'elle ait pour but d'englober la grande majorité des communications".

² Des études comportant de nombreuses simulations ont aussi été réalisées sur l'accumulation de la gigue à 1544 kbit/s et à 44 736 kbit/s à l'aide de modèles de référence appropriés utilisant des îlots VC-11 et des unités administratives de niveau 3 (AU-3, *administrative unit, level 3*). Les résultats ont montré que les spécifications concernant la synchronisation des éléments NE d'équipement SDH qui assurent une accumulation acceptable du dérapage à 1544 kbit/s sont plus rigoureuses que celles qui conduisent à une accumulation acceptable de la gigue à 1544 kbit/s ou à 44 736 kbit/s (voir Figure 5 et Figure 8/G.813, respectivement).

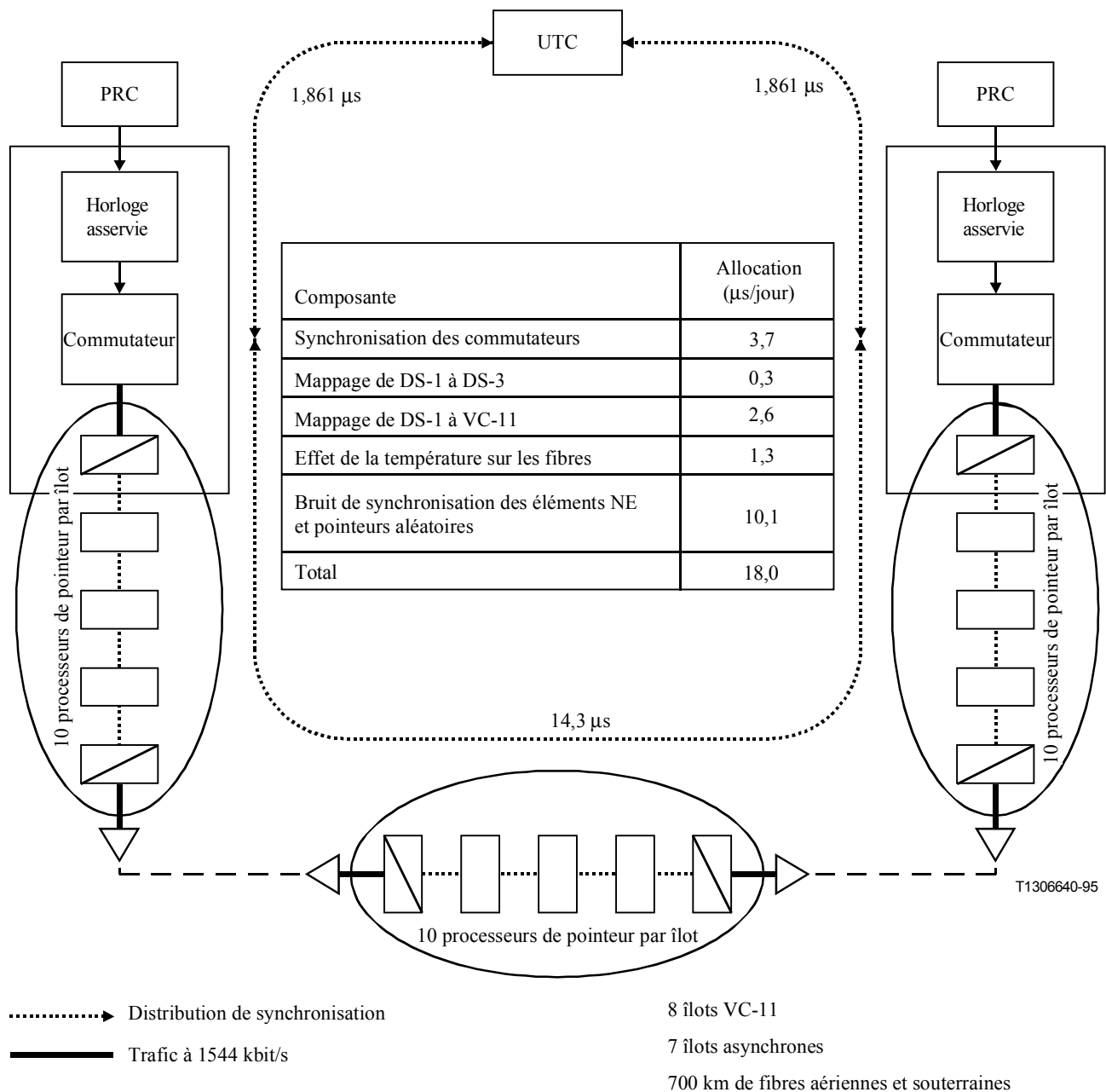


Figure A.1/G.824 – Modèle de référence pour le dérapage utilisant des îlots VC-11 d'équipement SDH et bilan des dérapages

A.1.1 Accumulation du dérapage à 1544 kbit/s et hypothèses du modèle de simulation du glissement

Dans le modèle de simulation, chaque nœud de chaque îlot SDH a été synchronisé à l'aide d'un modèle de bruit de phase d'une horloge, à deux composantes, la composante de scintillation de phase (FPM, *flicker phase modulation*) et la composante de bruit blanc de fréquence (WFM, *white frequency modulation*). La composante de bruit WFM a été produite au moyen de la génération d'une séquence aléatoire gaussienne de bruit blanc de moyenne nulle et d'écart-type égal à l'amplitude spécifiée, en intégrant ensuite le processus. La composante de bruit FPM a été produite de la même manière, en faisant ensuite passer la séquence à travers un ensemble de filtres, comme décrit et

implémenté par Barnes et Greenhall³. Les amplitudes FPM et WFM ont été choisies de manière que l'écart TDEV pour le bruit de phase résultant corresponde exactement au gabarit de la Figure 5. Ce bruit de phase résultant a été filtré par un filtre passe-bas à 0,1 Hz à un pôle, qui représentait l'horloge de l'élément NE d'équipement SDH. On a supposé que l'espacement des seuils des processeurs de pointeur VC-11 était de 2 octets, tandis que celui des processeurs de pointeurs AU-3 était de 4 octets. Aucune modélisation des désynchroniseurs dans chaque îlot n'a été faite, puisque ceux-ci n'ont pas d'incidence sur la variation de la phase à long terme et sur les glissements à 1544 kbit/s. Les résultats des simulations qui sont décrits à la fin du précédent sous-paragraphe concernaient un réseau comportant 8 îlots VC-11, chaque îlot étant équipé de 10 nœuds de processeur de pointeur. Chaque cas de simulation (à savoir le cas des 8 îlots VC-11 décrit ci-dessus et divers autres cas), a été reproduit indépendamment afin d'obtenir des résultats statistiquement significatifs.

Les caractéristiques du glissement à 1544 kbit/s ont été obtenues à l'aide d'un modèle approché de tampon de glissement. Dans ce modèle, la taille du tampon de glissement est égale à la somme de la taille de la trame et de l'hystérèse. Le remplissage du tampon à tout instant donné est égal à la somme du remplissage initial, de l'entrée de phase à 1544 kbit/s, et de la phase totale de l'ensemble des glissements qui se sont produits jusqu'à cet instant. Pour chaque simulation d'accumulation de la phase à 1544 kbit/s qui a été reproduite indépendamment, les tampons de glissement ont été simulés un certain nombre de fois, les conditions initiales pour les tampons étant différentes à chaque passage. Les remplissages initiaux de tampon ont été choisis de manière à être espacés régulièrement⁴. A chaque passage, on a enregistré le nombre de glissements; on a effectué une analyse statistique des résultats de tous les passages afin d'évaluer les probabilités d'obtention des divers nombres de glissements par jour.

La phase d'entrée dans le modèle de tampon de glissement doit être la phase totale à 1544 kbit/s qui provient de toutes les composantes du bilan des dérapages de la Figure A.1. Il n'était toutefois pas pratique d'effectuer des simulations multiples et indépendantes d'une journée du mappage de 1544 kbit/s à 44 736 kbit/s et du mappage de 1544 kbit/s à VC-11 (les moyens de calcul nécessaires auraient été prohibitifs). En outre, on ne disposait pas de modèle pour la composante correspondant aux effets de la température sur les fibres. Ces composantes n'ont donc pas été simulées; il en a été tenu compte en retranchant les montants du bilan de la Figure A.1 de l'hystérèse du tampon de glissement. L'hystérèse qui a été utilisée dans les simulations s'élevait donc à 13,8 μ s. La composante du dérapage à 1544 kbit/s correspondant à la synchronisation des commutateurs a été simulée à l'aide d'un modèle de bruit de phase aléatoire, analogue à celui qui a été décrit ci-dessus pour le bruit de synchronisation des éléments NE d'équipement SDH. La principale différence entre les deux modèles réside dans le fait que les niveaux de bruit pour la synchronisation des commutateurs sont un peu plus élevés.

³ Voir l'Annexe A du compte rendu de BARNES (James A.), GREENHALL (Charles A.): Large Sample Simulation of Flicker Noise, *19th Annual Precise Time and Time Interval (PTTI) Applications Planning Meeting*, décembre, 1987.

⁴ Dans la plupart des cas, les simulations d'accumulation du dérapage qui ont été reproduites indépendamment étaient au nombre de 300, et les simulations de tampons de glissement pour chacune d'elles au nombre de 51.

A.2 Accumulation du dérapage à 44 736 kbit/s

La limite de réseau pour les interfaces de trafic à 44 736 kbit/s est donnée par le gabarit MRTIE de la Figure 1. Le présent sous-paragraphe décrit le modèle de référence pour le dérapage et le bilan des dérapages qui ont été utilisés pour établir cette limite de réseau.

Lors de l'élaboration des spécifications concernant le dérapage, il faut tenir compte de l'ensemble du réseau de transport, synchrone et asynchrone, ainsi que de la synchronisation des sources de signaux à 44 736 kbit/s. Pour le transport d'un signal à 44 736 kbit/s à travers des îlots AU-3 d'équipement SDH, on doit tenir compte de toutes les causes de dérapage du signal. En outre, il faut tenir compte des effets de l'interconnexion des îlots d'équipement SDH indépendants. La Figure A.2 représente le modèle de référence pour le dérapage utilisant des îlots AU-3, qui a été développé pour l'attribution et le bilan des dérapages à 44 736 kbit/s. Des simulations ont montré que l'accumulation du dérapage dans des îlots AU-3 en cascade semble être prédominant par rapport au dérapage qui est produit dans un îlot particulier.

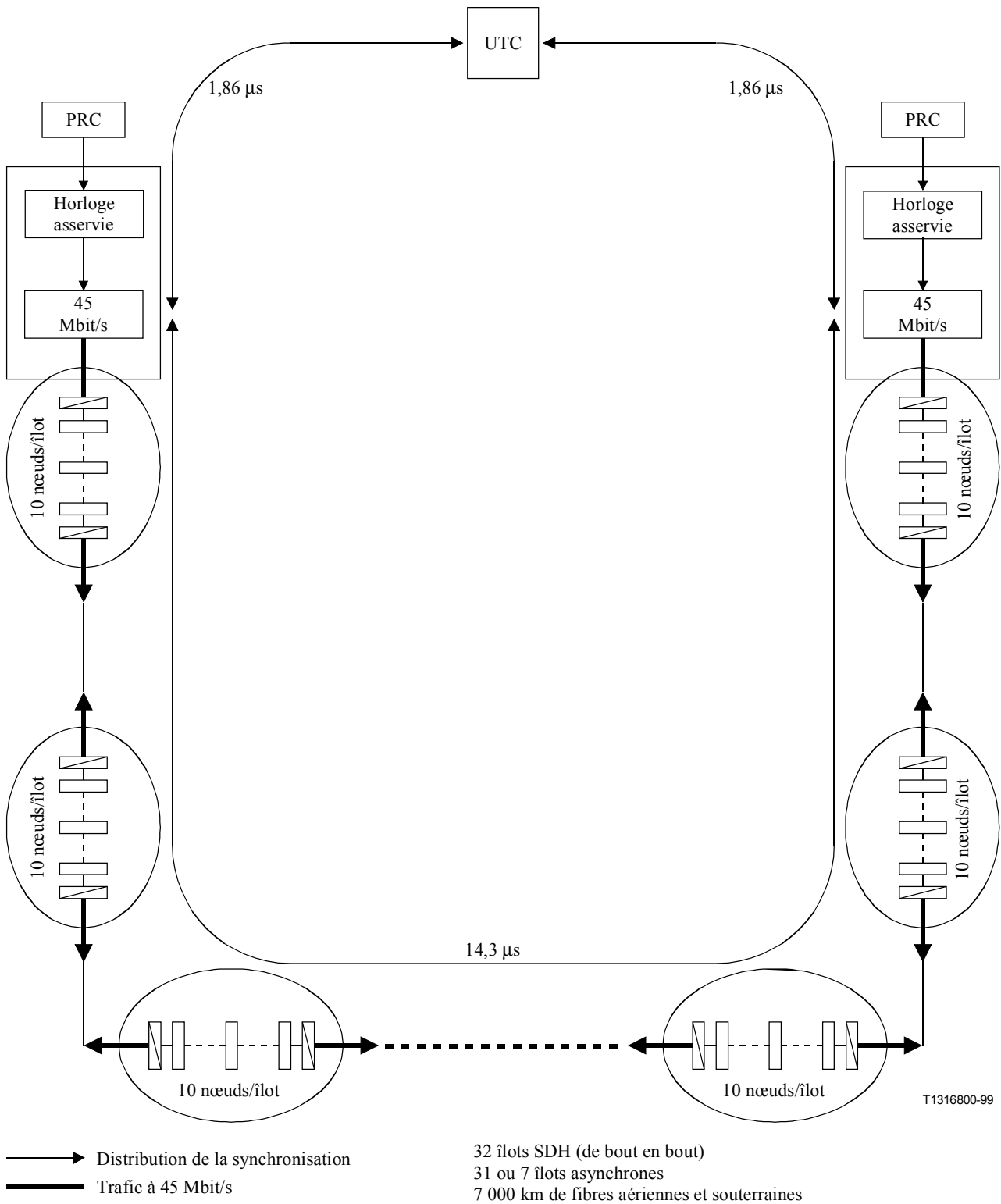


Figure A.2/G.824 – Modèle de référence pour le dérapage utilisant des îlots AU-3 d'équipement SDH

Le bilan des dérapages pour le transport des signaux à 44 736 kbit/s à travers des îlots AU-3 est donné dans le Tableau A.1.

Tableau A.1/G.824 – Bilan des dérapages pour le transport des signaux à 44 736 kbit/s à travers des îlots AU-3

Composante	Attribution (µs/jour)
Synchronisation des commutateurs DS-1	3,72
Mappage 44 736 kbit/s à AU-3	0,72
Réseau asynchrone	0,70
Effet de la température sur les fibres	1,30
Ajustements des pointeurs périodiques en raison de l'absence de synchronisation	0,80
Transitoires dans la distribution de la synchronisation	1,00
Bruit de synchronisation des éléments NE et ajustements des pointeurs aléatoires	9,76
TOTAL	18,0

Le bilan des dérapages attribue 9,76 µs/jour (de crête à crête) au bruit de synchronisation des éléments NE d'équipement SDH et aux ajustements des pointeurs aléatoires. Cette attribution ne s'applique pas aux réseaux SDH dont les interfaces de synchronisation satisfont aux spécifications relatives à l'écart TDEV de la Figure 4, ni à ceux dont les interfaces satisfont aux spécifications de la Figure 5. Toutefois, des simulations ont montré que les caractéristiques de glissement des signaux à 1544 kbit/s qui sont acheminés par le signal à 44 736 kbit/s seront acceptables dans des réseaux SDH dont les interfaces de synchronisation satisfont aux spécifications relatives à l'écart TDEV de la Figure 5.

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