

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 62 (1984)

Heft: 9

Artikel: Dégradations de la qualité de transmission dans le réseau numérique

Autor: Käser, André / Probst, Pierre-André

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-875796>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 21.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Dégradations de la qualité de transmission dans le réseau numérique

André KÄSER et Pierre-André PROBST, Berne

Qualitätseinbussen im digitalen Übertragungsnetz

Zusammenfassung. Die Digitalisierung des Übertragungsnetzes wird aktiv verfolgt; die installierten Systeme werden die Basis des Dienst-Integrierten Netzes (ISDN) darstellen. Es ist deshalb wesentlich, dass Anforderungen über die Übertragungsqualität aufgestellt werden, so dass die sich gegenwärtig im Aufbau befindende Infrastruktur den zukünftigen Anforderungen genügt. Gestützt auf die neuesten CCITT-Empfehlungen wurden Qualitätsanforderungen aufgestellt, die den Eigenschaften des schweizerischen Übertragungsnetzes angepasst sind. Diese betreffen die Fehler, den Jitter, den Wander und die Schlüpfte.

Résumé. La numérisation du réseau de transmission se poursuit activement; les systèmes mis en place seront la base du réseau numérique avec intégration des services (RNIS). Il est donc essentiel d'établir des spécifications de qualité de fonctionnement du réseau afin d'assurer que l'infrastructure mise en place aujourd'hui réponde aux exigences futures. Fondées sur les plus récents travaux du CCITT, des normes de qualité ont été définies en tenant compte des caractéristiques du réseau suisse de transmission. Elles concernent les erreurs, la gigue, le dérapage et les glissements.

Perdite di qualità nella rete di trasmissione digitale

Riassunto. La numerizzazione della rete di trasmissione viene seguita attivamente; i sistemi installati formeranno la base per la rete numerica integrata nei servizi (ISDN). È pertanto essenziale che si definiscano le caratteristiche della qualità di trasmissione di modo che l'infrastruttura in costituzione soddisfi alle esigenze future. Sulla base delle più recenti raccomandazioni del CCITT sono state fissate delle esigenze adattate alle caratteristiche della rete di trasmissione svizzera. Esse concernono gli errori, il jitter, lo slittamento e lo scorrimento.

1 Introduction

11 Généralités

La numérisation du réseau de transmission a débuté en Suisse en 1969 par l'installation de systèmes à 30 voies sur les câbles à paires symétriques dont la capacité en basse fréquence était devenue insuffisante. Elle s'est poursuivie activement dans les réseaux ruraux et interurbains par l'introduction de systèmes à 8, 34 et 140 Mbit/s sur paires coaxiales et, plus récemment, par celle de systèmes à fibres optiques.

Ces divers systèmes seront la base, dans une première étape, du Réseau Numérique Intégré (RNI, transmission et commutation téléphonique numériques) et, dans une étape ultérieure, du Réseau Numérique avec Intégration des Services (RNIS) où la transmission jusqu'à l'abonné et la commutation de tous les services (téléphonie et télématique) seront intégrées.

C'est dans cette optique que les spécifications de qualité du réseau de transmission numérique ont été établies afin d'assurer que l'infrastructure mise en place aujourd'hui réponde aux exigences futures.

12 Types de dégradations

Les principales dégradations qui peuvent affecter la qualité de transmission des systèmes numériques sont les suivantes:

- erreurs numériques
- gigue de phase
- dérapage
- glissements

Elles peuvent être classées en deux catégories: la première inclut les erreurs numériques et les glissements qui s'accumulent au long de la liaison, dont l'effet ne peut pas être éliminé; la seconde comprend la gigue de phase et le dérapage, dégradations qui peuvent, en pre-

nant certaines mesures, être atténuées, voire même éliminées.

Afin d'être exhaustif il faut citer encore un paramètre essentiel pour la qualité de transmission, à savoir le retard.

En ce qui concerne la transmission, le retard est déterminé principalement par les propriétés physiques du milieu de transmission (vitesse de propagation, distance); ce paramètre est, en premier lieu, important pour la conception des équipements de commutation ainsi que pour la détermination de l'acheminement du trafic (par exemple 2 circuits par satellite en cascade). De ce fait il ne sera pas traité dans cet article.

Les dégradations mentionnées supposent une liaison disponible et ne comprennent dès lors pas les interruptions du signal dues, soit à une rupture du milieu de transmission, soit à une défectuosité des équipements.

De même, les dégradations introduites par les dispositifs de conversion analogique/numérique (par exemple, bruit de quantification) ne sont pas prises en considération dans cet article.

13 Définitions

Il faut distinguer les types d'objectifs de qualité suivants:

- *objectif pour la qualité de fonctionnement des réseaux*

Cet objectif définit la qualité de fonctionnement vers laquelle il est désirable de tendre afin qu'un service satisfaisant soit offert à l'utilisateur. Les paramètres correspondants, souvent décrits sous forme statistique, font généralement l'objet d'une recommandation du CCITT ou du CCIR.

- *objectif pour les projets*

Cet objectif représente une dégradation mesurable de la transmission (par exemple taux d'erreurs, gigue,

etc.) pour un équipement donné, quand celui-ci travaille dans des conditions d'environnement et d'alimentation connues. Ces paramètres définis sur le plan national et les exigences pour la qualité de fonctionnement permettent d'établir des spécifications (cahier des charges) pour ces équipements et de les vérifier par une mesure expérimentale.

– *objectif pour la mise en service*

Cet objectif est lié à l'objectif pour la qualité de fonctionnement. Il peut cependant être plus sévère que ce dernier afin qu'il soit tenu compte d'un certain vieillissement de l'équipement ou d'une aggravation des conditions d'environnement.

– *limites applicables à la maintenance*

Il est certain que l'objectif doit être de garantir les exigences pour la qualité de fonctionnement du réseau. Il est cependant aussi acceptable, dans certains cas particuliers, de définir une limite de maintenance à un niveau de qualité légèrement inférieur aux objectifs pour la qualité de fonctionnement des réseaux. Cette limite doit être choisie en fonction de la fréquence et de la qualité de la maintenance préventive.

Dans les paragraphes suivants, on définit les valeurs des objectifs pour la *qualité de fonctionnement des réseaux*, qui représente donc la qualité à garantir pendant toute la durée de vie d'un équipement.

14 Effets des dégradations sur la qualité des services

Si, au début, l'introduction des systèmes numériques avait essentiellement comme raison l'augmentation du nombre de circuits exploités en basse fréquence pour la téléphonie, depuis lors, un nombre toujours croissant de services empruntent des canaux numériques. C'est ainsi que l'apparition d'équipements d'accès aux intervalles de temps de la trame à 2048 kbit/s et de multiplexeurs de données pour canaux asynchrones (par exemple télex 50...300 Baud) et synchrones (par exemple 9600 bit/s selon X.50) a permis l'utilisation toujours plus rationnelle des avantages de la transmission numérique directe sans qu'il soit nécessaire de faire appel à des procédés de modulation analogique, tels que ceux basés sur les sauts de fréquence (Frequency shift Keying = FSK) ou de phase (Phase Shift Keying = PSK). Cette tendance à élargir la palette des services transportés par le réseau numérique va s'accroître à long terme avec l'évolution vers le RNIS et les réseaux locaux à large bande. Ainsi, à la téléphonie et aux transmissions de données (service de télécopie y compris), viendront s'ajouter des services tels que les transmissions de programmes radiophoniques et d'images fixes ou mobiles pour les différentes applications (télévision classique, télévision à balayage lent, visiophone, vidéoconférence, etc.).

La qualité de transmission requise pour l'exploitation de ces différents services conduit à des exigences fort différentes qu'il est pratiquement impossible de réduire à un dénominateur commun.

Comme tel est le cas pour le réseau analogique, c'est en principe le service majoritaire qui est déterminant pour l'établissement des exigences de qualité du réseau. Par

conséquent, les objectifs pour la qualité de fonctionnement du réseau sont spécifiés en fonction de la téléphonie. Pour les services plus exigeants sur le plan de la qualité il y a lieu de prendre certaines mesures au niveau des terminaux, telles que l'utilisation de dispositifs de protection contre les erreurs (détection et éventuellement correction des erreurs de transmission, par exemple). Cependant, dans la mesure où ces exigences plus sévères peuvent être respectées par le réseau sans conduire à des investissements disproportionnés par rapport à l'importance du service considéré, les normes de performances établies au CCITT en tiennent compte. En effet, dans la plupart des cas, les expériences réalisées en pratique, même sur une échelle réduite, permettent de constater que des exigences supérieures à celles du service téléphonique sont respectées sans difficultés majeures. Il est cependant très important d'en tenir compte déjà dans la phase de planification des réseaux et des systèmes.

Dans les paragraphes qui suivent, l'influence des dégradations sur les services est mentionnée là où elle a joué un rôle déterminant dans l'établissement des normes de qualité. Une description détaillée des mécanismes et des caractéristiques des dégradations sortirait cependant des limites de la présente publication.

2 Erreurs numériques

21 Définition

Les erreurs numériques sont caractérisées par le taux d'erreurs, à savoir le rapport entre le nombre d'éléments binaires en erreur et celui des éléments transmis pendant l'intervalle de temps considéré.

Il faut faire une distinction claire entre le taux d'erreurs moyen à long terme, qui suppose un temps de mesure très long, et le taux d'erreurs pendant une période de mesure définie. Seule cette dernière grandeur peut être mesurée dans le cas pratique.

22 Sources des erreurs

Les sources d'erreurs sont multiples et différentes pour chaque milieu de transmission et chaque système. Pour les systèmes sur câbles à paires métalliques, les perturbations par diaphonie (paires symétriques) ou le bruit thermique (paires coaxiales) sont les sources d'erreurs propres au système. Les systèmes sont, de plus, soumis à des influences extérieures (foudre, court-circuit sur ligne haute tension, etc.) qui sont la source de perturbations du signal importantes mais brèves. Les systèmes à faisceaux hertziens souffrent des propriétés statistiques du milieu de transmission qui peut, pendant de brèves périodes, présenter un affaiblissement très important, cause d'un taux d'erreurs inacceptable.

Ces quelques exemples indiquent qu'il est très difficile de qualifier une liaison uniquement par une valeur de taux d'erreurs, puisque les distributions d'erreurs sont différentes d'un système à l'autre.

L'on parle de distribution de *Poisson* lorsque l'apparition des erreurs est liée à un processus aléatoire tel que le bruit thermique des amplificateurs. La distribution de

Neyman, qui est plus proche de la répartition observée sur les systèmes en exploitation, permet de décrire mathématiquement des erreurs apparaissant par paquets, où le nombre d'erreurs par paquet et la probabilité d'apparition d'un paquet répondent à une distribution de Poisson.

23 Normes internationales

L'avis G.821 du CCITT [1] prévoit, pour une connexion internationale à 64 kbit/s de 27 500 km d'abonné à abonné les objectifs pour la qualité de fonctionnement des réseaux définis au *tableau I*.

Tableau I. Objectifs de taux d'erreur (Avis G. 821 [1])

Exigences	Taux d'erreur	Période de mesure	Pourcentage du temps
1. min dégradées	$\leq 1 \cdot 10^{-6}$	1 min	$\geq 90 \%$
2. s acceptables	$\leq 1 \cdot 10^{-3}$	1 s	$\geq 99,8 \%$
3. s sans erreur	0	1 s	$\geq 92 \%$

Celui-ci inclut les objectifs définis initialement pour les besoins de la transmission de la téléphonie (taux d'erreurs) et celui défini pour les besoins de la transmission de données (seconde sans erreur).

L'exigence la plus sévère provient de la téléphonie; le taux d'erreurs moyen correspondant, en admettant une distribution de Poisson, est de $5 \cdot 10^{-7}$. Un taux d'erreurs moyen de $1,3 \cdot 10^{-6}$ suffit pour satisfaire l'exigence des secondes sans erreur. Une liaison est considérée de qualité acceptable si elle satisfait simultanément aux trois exigences citées au tableau I.

24 Principes de répartition des erreurs

L'avis G.821 du CCITT propose les principes suivants de répartition des dégradations:

- Le «pourcentage de temps» sera divisé.
- Une répartition identique sera appliquée pour les secondes avec erreurs et les minutes au taux d'erreur supérieur à 10^{-6} .
- Une répartition particulière sera prévue pour les secondes avec un taux d'erreurs supérieur à 10^{-3} .
- Les seuils de taux d'erreurs ne sont pas divisés.
- Il ne sera pas tenu compte des contributions aux erreurs apportées par les équipements de multiplexage ou de commutation, ces dernières étant considérées comme négligeables comparativement à celles des équipements de ligne.

Comme l'indique la *figure 1* les critères des minutes dégradées et des secondes avec erreurs conduisent à des exigences divergentes. Comme cela a déjà été indiqué au paragraphe 23 l'exigence des minutes dégradées est la plus sévère pour la liaison globale, alors que si l'on applique les lois de répartition énoncées ci-dessus, le critère des secondes avec erreurs prédomine pour les sections élémentaires devant composer la liaison.

25 Attribution aux différentes parties de la liaison

Les secondes avec erreurs et les minutes au taux d'erreurs supérieur à $1 \cdot 10^{-6}$ seront réparties selon les indications de la *figure 2*, qui est reprise de l'avis G.821.

La répartition proposée est faite sur la base de la qualité des circuits, le niveau de qualité moyenne pouvant être composé de circuits de différents niveaux de qualité.

Si, dans la partie «haute qualité», la répartition est proportionnelle à la longueur, les deux autres valeurs attribuées sont globales, c'est-à-dire indépendantes de la longueur.

Pour les secondes au taux d'erreur supérieur à $1 \cdot 10^{-3}$, il a été admis que la moitié de la tolérance, soit 0,1 %, serait répartie de façon identique aux autres paramètres (voir définitions fig. 2) et que l'autre moitié de la tolérance serait attribuée, d'une part, aux équipements à faisceaux hertziens – sur la base de 0,05 % pour 2500 km – et, d'autre part, aux systèmes de transmission par satellite pour 0,01 %; il est admis que seules deux sections contribueront simultanément aux secondes au taux d'erreurs supérieur à $1 \cdot 10^{-3}$, ce qui permet de garantir que l'exigence globale sera respectée. Cette hypothèse est certainement valable, car les valeurs spécifiées pour les équipements hertziens sont toujours celles du «mois le plus défavorable selon la statistique», ce qui laisse supposer un fonctionnement bien meilleur pendant les mois où les conditions de propagation sont normales.

26 Répartition dans le réseau national

Pour les études de la répartition des dégradations, le réseau national peut être représenté de façon simplifiée (*fig. 3*). La répartition sur les divers composants de la

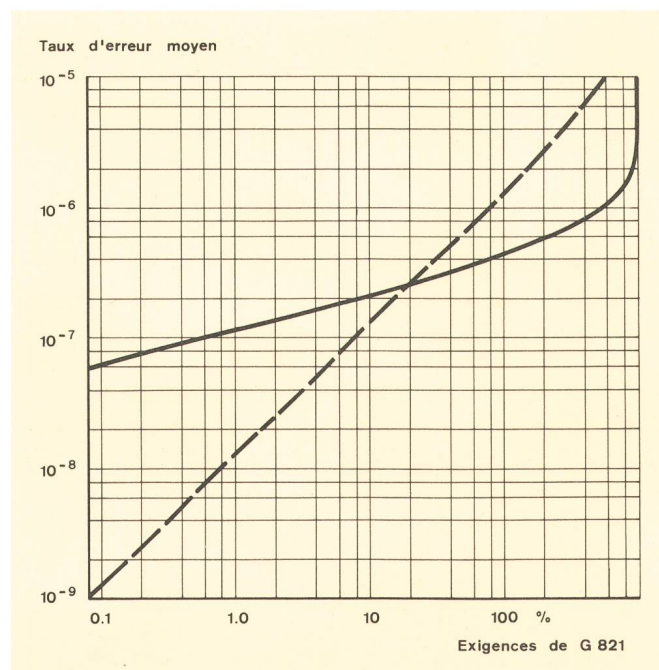


Fig. 1
Relation entre le taux d'erreurs moyen et les exigences 1 et 3 de l'avis G.821 pour un conduit à 64 kbits/s, en admettant une répartition d'erreurs selon Poisson

- minutes dégradées
- - - secondes sans erreurs

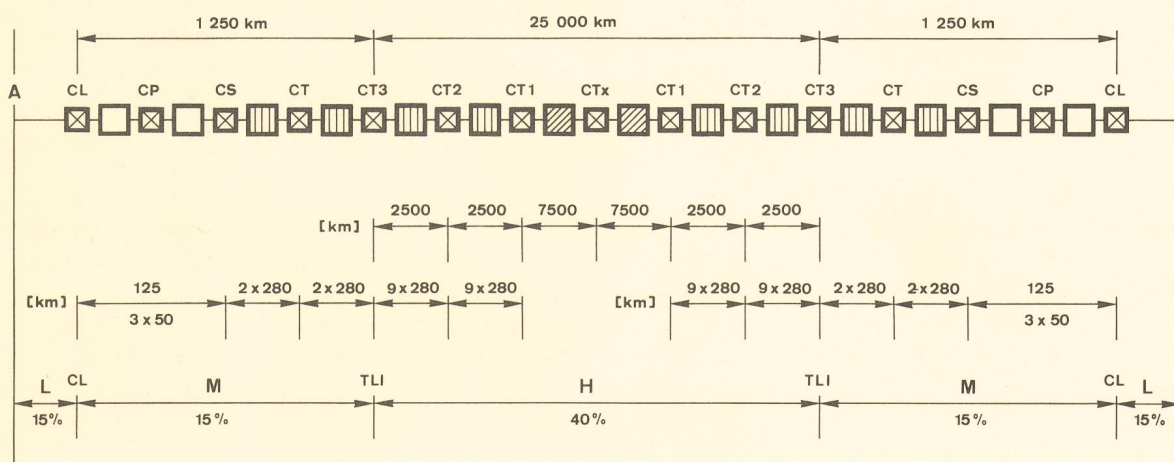


Fig. 2
Répartition des dégradations de l'Avis G.821 dans la communication fictive de référence de l'Avis G.104
H: haute qualité M: qualité moyenne L: qualité locale

liaison doit se faire de façon plus ou moins arbitraire; les critères suivants ont facilité un choix:

- Le réseau interurbain doit être planifié selon les critères de haute qualité, car les mêmes systèmes sont utilisés pour acheminer le trafic national et le trafic de transit international.
- Il est nécessaire d'attribuer une part importante aux liaisons entre centres terminaux et nœuds ou intercentraux en fonction, d'une part, du milieu de transmission et, d'autre part, de considérations économiques liées à l'acquisition et à la maintenance de ces équipements.
- Une petite marge doit être réservée à l'attribution aux équipements de multiplexage et de commutation numérique.

La répartition retenue est présentée au *tableau II*. La marge résultante est de 3 %.

Tableau II. Répartition des erreurs dans le réseau national

Centre terminal	8 % des erreurs
Centre nodal	2 %
Centre principal	1,0 %
Centre de transit	0,8 %
Centre de transit international	

Tableau III. Répartition des performances d'erreurs

Liaison	Longueur de référence	Attribution	Taux d'erreur moyen maximal
interurbaine	120 km	0,2 % des erreurs	$1 \cdot 10^{-9}$
rurale			
- nodal-principal	25 km	1 % des erreurs	$5 \cdot 10^{-9}$
- terminal-nodal ou intercentral	25 km	4 % des erreurs	$2 \cdot 10^{-8}$

Les valeurs doivent être attribuées aux différents systèmes constituant une liaison. Cependant, pour des raisons de simplification et d'unification des exigences, il n'a pas paru opportun de définir plus de trois catégories de systèmes en ce qui concerne leur performance de taux d'erreurs. Les exigences qui peuvent donc être dérivées sont présentées au *tableau III*.

27 Débits numériques de transmission

Toutes les exigences énoncées précédemment étaient fondées sur un débit de 64 kbit/s; il est toutefois important de dériver des exigences valables pour les systèmes de transmission qui opéreront à 2, 8, 34, 140 ou même 4x140 Mbit/s, sur des câbles ou des faisceaux hertziens.

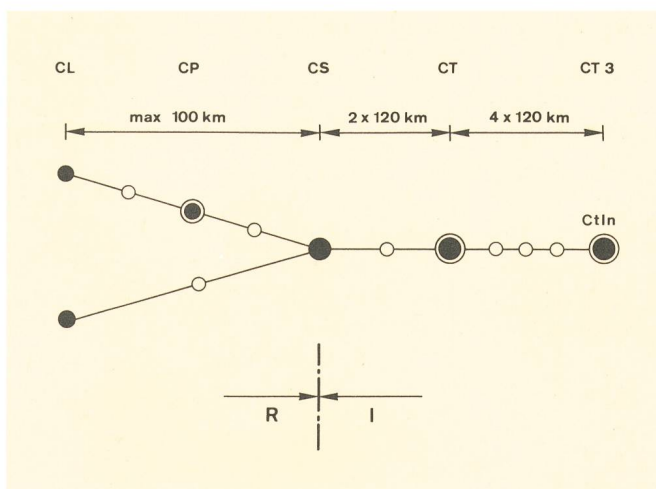


Fig. 3
Modèle du réseau national pour l'étude de la répartition des erreurs

- Centre local
- Centre nodal
- Centre principal
- Centre de transit
- Limites d'un système de lignes sur câble

Il est évident que, dans une liaison composée de plusieurs circuits en cascade, le taux d'erreurs résultant sera la somme des taux d'erreurs des systèmes composant la liaison; de même, lorsque l'on admet une distribution aléatoire des erreurs, le taux d'erreurs d'un signal multiplexé produit un taux d'erreurs identique sur les affluents après démultiplexage.

De plus, selon les indications de la figure 1, un taux d'erreurs moyen de $5 \cdot 10^{-7}$ permet de garantir que les exigences des minutes dégradées et des secondes avec erreurs soient satisfaites; de même, si le taux d'erreurs moyen est réparti linéairement, il devient possible de garantir que ces deux exigences soient satisfaites. Le taux d'erreurs moyen résultant est indiqué au tableau III. Dans les considérations précédentes, les secondes au taux d'erreurs supérieur à 10^{-3} ont été négligées, car elles ne peuvent être décrites par le modèle mathématique utilisé. Leur contribution à la dégradation de la qualité doit être traitée séparément puisque leur mécanisme d'apparition est différent.

Il a été admis qu'une seconde au taux d'erreurs supérieur ou égal à $1 \cdot 10^{-3}$ sur un signal multiplexé provoque une seconde au taux d'erreur supérieur ou égal à $1 \cdot 10^{-3}$ sur tous les canaux à 64 kbit/s transmis par ce circuit.

28 Exigences résultantes pour les systèmes

Les secondes au taux d'erreurs supérieur ou égal à $1 \cdot 10^{-3}$ doivent être réparties différemment en fonction des systèmes utilisés (câble ou faisceaux hertziens), afin qu'il soit tenu compte des propriétés du milieu de transmission. Les performances des systèmes à faisceaux hertziens sont identiques à celles des systèmes sur câble pendant la majorité des mois; elles sont inférieures pendant deux à trois mois par an durant lesquels les évanouissements se produisent. De même, des longueurs de référence différentes ont été définies pour les deux types de systèmes (*tab. IV*). Ce seuil de qualité inacceptable peut être vérifié de façon simple puisque,

Tableau IV. Nombre maximal de secondes à qualité inacceptable

Type de liaison	Longueur maximale	Secondes/mois mois pire	Secondes/mois autre mois
Liaisons interurbaines sur câble	120 km	—	≤ 5 (0,0002 %)
Liaisons interurbaines sur faisceau hertzien	280 km	≤ 130 (0,005 %)	≤ 10 (0,0004 %)
Liaisons rurales — nodal principal sur câble	25 km	—	≤ 25 (0,001 %)
sur faisceau hertzien	70 km	≤ 50 (0,002 %)	≤ 10 (0,0004 %)
— terminal nodal sur câble	25 km	—	≤ 100 (0,004 %)
sur faisceau hertzien	70 km	≤ 50 (0,002 %)	≤ 10 (0,0004 %)

Remarques:

- Les exigences sont indépendantes de la longueur de la liaison; seules les longueurs maximales sont indiquées
- Les longueurs indiquées pour les systèmes de transmission par faisceau hertzien représentent les longueurs de propagation. Les longueurs de liaison correspondantes sont de 240 km ou respectivement 50 km

d'une part, il est indépendant du débit numérique et que, d'autre part, la période de mesure (1 s) et le seuil ($1 \cdot 10^{-3}$) sont constants.

Il est plus complexe de définir le seuil entre une bonne qualité et une qualité dégradée. Cependant, dans une première approche et afin qu'il soit tenu compte des différents systèmes de transmission et des différents mécanismes d'apparition des erreurs, on peut procéder à une répartition des minutes en adaptant le taux d'erreurs de seuil de façon à garantir que le taux d'erreurs moyen soit inférieur aux exigences décrites au tableau III. Le taux d'erreurs limite a été déterminé en admettant une distribution des erreurs selon le modèle de Poisson. Le *tableau V* résume ces exigences. Elles sont

Tableau V. Nombre maximal de minutes dégradées tolérables

Débit	Taux d'erreur limite	Nombre maximal des minutes par mois où le taux d'erreur limite peut être dépassé		
		Inter-urbain	Nodal principal	Terminal-nodal
2 Mbit/s	$1 \cdot 10^{-7}$	—	≤ 40 (0,1 %)	≤ 160 (0,4 %)
8 Mbit/s	$5 \cdot 10^{-8}$	—	≤ 40 (0,1 %)	—
34 Mbit/s	$2 \cdot 10^{-8}$	—	≤ 40 (0,1 %)	—
140 Mbit/s	$5 \cdot 10^{-9}$	≤ 8 (0,02 %)	—	—

applicables aux systèmes sur câbles. Pour les systèmes de transmission par faisceaux hertziens, dont la longueur est double, les tolérances (minutes) doivent être doublées.

3 Gigue de phase et dérapage

31 Définitions

La gigue de phase et le dérapage sont définis comme les variations à court terme et à moyen terme, respectivement, des instants significatifs d'un signal numérique par rapport aux positions dans le temps qu'ils devraient théoriquement occuper.

Il n'existe pas de limite bien nette entre la gigue et le dérapage. On peut indiquer que les variations à fréquence supérieure à quelque 10 Hz sont considérées comme de la gigue et celles à fréquence inférieure comme du dérapage.

Le dérapage a déjà fait l'objet d'une étude particulière [2], si bien qu'il ne sera pas traité plus en détail.

32 Caractéristiques de la gigue

Il est bien connu que la source principale de gigue est constituée par les circuits de régénération d'horloge que l'on rencontre en particulier dans chaque régénérateur. Les équipements de multiplexage asynchrone contribuent aussi à la gigue d'une liaison, surtout aux basses fréquences. Une accumulation trop importante de la gigue peut être à l'origine des dégradations suivantes:

- diminution du rapport signal à bruit aux points de régénération des signaux numériques, en raison d'un décalage des signaux de rythme par rapport à leur position optimale dans le temps

Tableau VI. Gigue maximale admissible à une jonction hiérarchique (Avis G. 823 [8])

Valeurs des paramètres Débit binaire kbit/s	Limite du réseau		Largeur de bande du filtre de mesure			
	Intervalle unitaire A 1 de crête à crête	Intervalle unitaire A 2 de crête à crête	Filtre passe-bande ayant une fréquence de coupure inférieure f_1 ou f_3 et une fréquence de coupure supérieure f_4			
			f_1	f_2	f_3	f_4
64	0,25	0,05	20 Hz	600 Hz	3 kHz	20 kHz
2 048	1,5	0,2	20 Hz	3,4 kHz	18 kHz	100 kHz
8 448	1,5	0,2	20 Hz	400 Hz	3 kHz	400 kHz
34 368	1,5	0,15	100 Hz	1 kHz	10 kHz	800 kHz
139 264	1,5	0,075	200 Hz	500 Hz	10 kHz	3500 kHz

- introduction de glissements non contrôlés dans les signaux numériques par débordement des mémoires de certains types d'équipements terminaux comportant des mémoires tampons (muldex numériques, réducteurs de gigue)
- dégradation des informations analogiques à codage numérique par suite de la modulation de phase des échantillons.

L'une des caractéristiques importantes de la gigue est que, contrairement à d'autres dégradations dans le réseau, il est possible de réduire son amplitude ou même de l'annuler en utilisant des réducteurs de gigue. A ce sujet, il est important de rappeler que les démultiplexeurs numériques ont une fonction inhérente de réducteur de gigue.

33 Normes internationales

Les récents travaux du CCITT ont permis de définir une stratégie pour le contrôle de la gigue dans les réseaux numériques. Elle est fondée sur la définition des paramètres suivants:

- valeur maximale de gigue de sortie à une jonction quelconque de la hiérarchie du réseau
- valeurs de gigue appropriées aux équipements numérique soit:
 - tolérance de gigue des accès d'entrée
 - gigue maximale de sortie en l'absence de gigue à l'entrée
 - fonction de transfert de la gigue

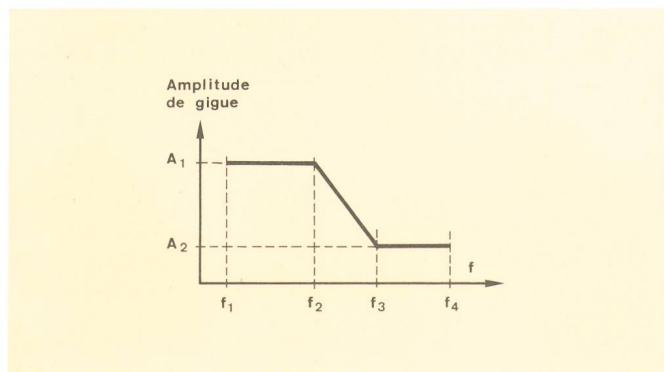


Fig. 4
Masque de gigue à une jonction numérique

331 Valeur maximale de gigue de sortie à une jonction

Les limites indiquées à la *figure 4* et au *tableau VI* représentent les valeurs maximales admissibles de la gigue aux interfaces hiérarchiques du réseau numérique. Ces limites doivent être observées dans toutes les conditions d'exploitation, c'est-à-dire indépendamment de la séquence transmise et du nombre d'équipements qui se trouvent en amont de la jonction.

332 Valeurs de gigue appropriées aux équipements numériques

– Tolérances de gigue des accès d'entrée

Pour qu'un équipement puisse être connecté à une jonction hiérarchique, les entrées de tous les équipements doivent pouvoir admettre des amplitudes de gigue pouvant atteindre la limite maximale pour le réseau, définie au paragraphe précédent (tab. VI et fig. 4).

– Gigue maximale de sortie en l'absence de gigue à l'entrée

La valeur de ce paramètre, qui dépend du type d'équipement, n'a pas été spécifiée pour l'instant pour les systèmes de ligne.

– Fonction de transfert de la gigue

Pour les équipements de multiplexage, ce paramètre a été défini; il ne l'est pas encore pour les autres équipements et, en particulier, pour les sections de ligne numérique (*fig. 5*).

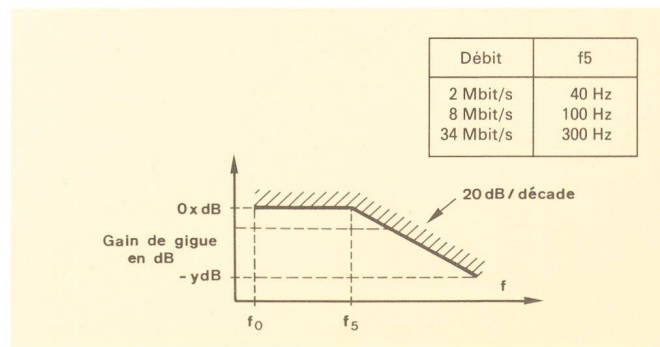


Fig. 5
Caractéristiques de la fonction de transfert de la gigue des multiplexeurs numériques asynchrones

34 Application au réseau national

L'exigence de base de la norme internationale concernant la valeur maximale de la gigue de sortie à une jonction quelconque de la hiérarchie numérique a été reprise; de plus, il a été admis que cette exigence devait être garantie également lors de la transmission de séquences alternées qui conduisent aux valeurs de gigue les plus importantes pour les équipements de ligne. Une loi d'accumulation linéaire de la gigue a été admise; cela est certainement valable dans le cas de séquences alternées, qui représentent les conditions les plus défavorables.

L'emploi de réducteurs de gigue indépendants des équipements devrait être évité dans la mesure du possible, non seulement d'un point de vue économique, mais aussi du point de vue de la fiabilité et de la disponibilité des liaisons. Il est préférable de prévoir une planification qui tienne compte des propriétés de réducteur de gigue que possèdent les équipements de démultiplexage et de commutation.

341 Réseau rural

La source du signal peut, tant du côté réseau local que du côté réseau interurbain, être considérée comme exempte de gigue. En effet, le signal sera généré par un équipement de multiplexage ou de commutation et l'amplitude de gigue en sortie est négligeable, comparativement aux valeurs produites par les équipements de ligne qui y sont raccordés.

La longueur maximale d'une liaison rurale homogène est limitée à 50 km. Il est cependant possible de réaliser des liaisons plus longues, mais à des débits différents, afin que l'on profite des propriétés réductrices de gigue des équipements de démultiplexage.

L'amplification de la gigue produite par les divers équipements a été négligée dans une première approche. Il en résulte pour les jonctions l'exigence stipulée à la *figure 6* pour la valeur maximale de la gigue de sortie, qui est fonction de la distance l entre la source du signal et la jonction considérée.

Cette spécification permet d'éviter totalement l'emploi de réducteurs de gigue dans le réseau rural; elle pose des exigences sévères aux équipements de ligne à 2,8 et 34 Mbit/s sur paires métalliques, où la distance nomi-

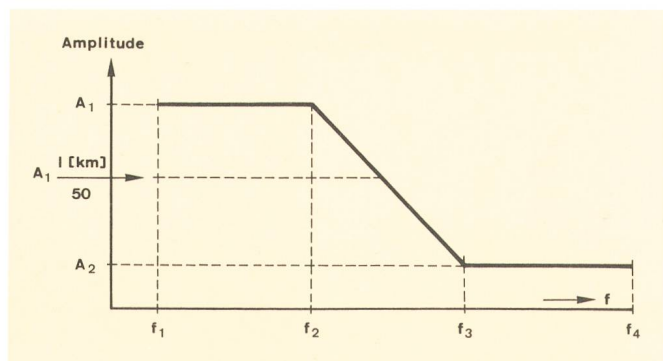


Fig. 6
Amplitude de la gigue à la sortie des équipements de ligne du réseau rural. Les valeurs des paramètres A_1 , A_2 , f_1 , f_2 , f_3 , f_4 sont identiques à celles indiquées dans le tableau VI

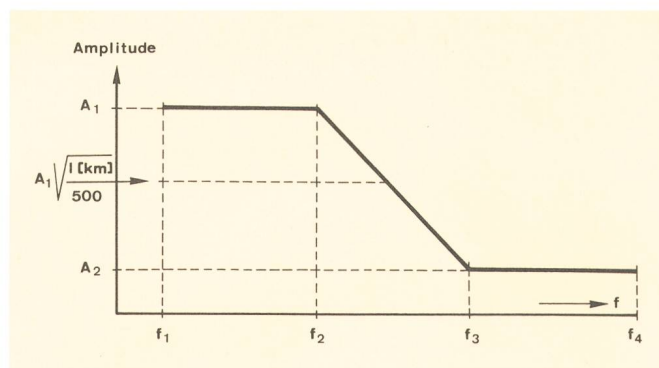


Fig. 7
Amplitude de la gigue à la sortie des équipements de ligne du réseau interurbain. Les valeurs des paramètres A_1 , A_2 , f_1 , f_2 , f_3 , f_4 sont identiques à celles indiquées dans le tableau VI

nale entre régénérateurs est de 1830 m, ce qui correspond à plus de 25 régénérations de signal en cascade; cette exigence est, en revanche, aisément satisfaite par les équipements à faisceaux hertziens ou les systèmes sur fibres optiques pour lesquels la distance entre régénérations successives peut être supérieure à 20 km.

342 Réseau interurbain

Si, dans le réseau national, la source du signal peut être considérée comme étant exempte de gigue, il n'en va pas de même des liaisons internationales aboutissant dans le pays de destination en présentant déjà la gigue maximale tolérable. Il faut donc compter que diverses liaisons internationales devront être équipées de réducteurs de gigue. En revanche, pour les liaisons nationales, on a admis que les spécifications des équipements et la structure du réseau devaient permettre un contrôle de la gigue sans avoir recours à l'introduction de réducteurs.

La longueur de référence utilisée est de 500 km divisée en quatre systèmes ou plus de quatre systèmes de 120 km chacun.

Les systèmes étant pourvus de réducteurs de gigue et d'embrouilleurs, on peut admettre un accroissement de l'amplitude de la gigue proportionnel à la racine carrée du nombre de systèmes en cascade. Il en est déduit une exigence identique pour l'amplitude de la gigue en fonction de l'éloignement l de la source (*fig. 7*).

4 Glissements

41 Définitions

Dans le réseau numérique, le multiplexage du niveau hiérarchique primaire à 2048 kbit/s aux débits supérieurs est réalisé par une technique de justification qui n'exige pas de relation de phase fixe entre les rythmes des affluents et la base de temps interne au multiplexeur.

En revanche, pour passer du canal à 64 kbit/s, sur lequel est fondé le RNIS, à 2048 kbit/s, les trains numériques des affluents doivent être synchronisés avec le rythme du multiplexeur, afin qu'un entrelacement exempt d'erreurs ou de glissements soit obtenu.

Du point de vue fonctionnel, l'opération de multiplexage consiste à inscrire les informations des affluents dans une mémoire intermédiaire. A un instant déterminé par

la base de temps interne du multiplexeur, ces informations seront lues de la mémoire pour être multiplexées avec celles des autres affluents, celles des éléments de service (bit d'indication d'alarme, par exemple) et avec la synchronisation de trame (mot de verrouillage de trame).

S'il n'existe pas de relation de phase fixe entre les rythmes d'inscription et de lecture, il peut arriver que les mêmes données soient lues de la mémoire deux fois de suite, ou que de nouvelles données soient inscrites avant que le contenu précédent de la mémoire ait pu être lu. Par conséquent, une répétition ou une perte d'un certain nombre de bits, appelée *glissement*, apparaît dans le flux d'information multiplexé.

De tels glissements peuvent également se produire dans les autocommutateurs numériques ou lors du transfert de voies de données à 64 bit/s aux nœuds du réseau numérique. En effet, dans les deux cas, des fonctions équivalentes au démultiplexage, au transit à 64 bit/s et au multiplexage, sont effectuées par les équipements correspondants. La *figure 8* illustre les deux types de dégradations que peut subir un train numérique structuré en octets. SY représente le signal de verrouillage de trame qui sert de référence au démultiplexeur pour attribuer les octets reçus aux affluents. On constate que l'introduction d'un glissement rallonge ou raccourcit la trame d'un octet et provoque une perte de verrouillage de trame. L'influence des glissements est donc ici fondamentalement différente de celle des erreurs numériques. En effet, une perte de verrouillage de trame ne se produit que lorsque le nombre d'erreurs dépasse un certain taux, $1 \cdot 10^{-3}$, par exemple, et non pas lors de l'apparition d'erreurs individuelles. Cette particularité est importante pour examiner les effets des glissements sur la qualité de transmission des différents services.

42 Sources de glissements

Deux paramètres caractérisent les glissements:

- grandeur (nombre de bits répétés ou omis)
- fréquence d'apparition (ou période)

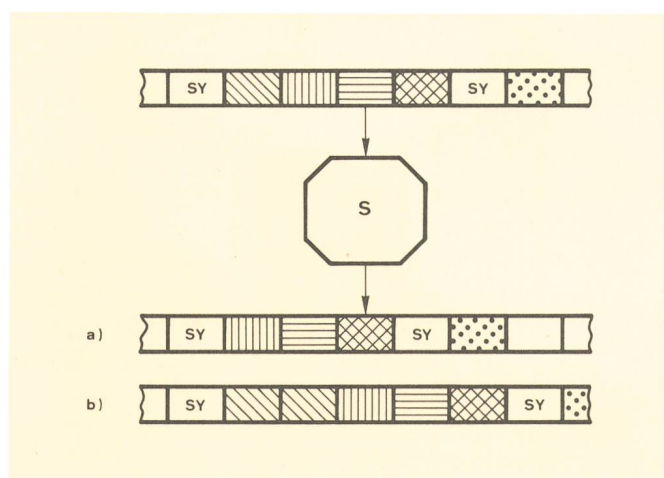


Fig. 8
Glissements dans un autocommutateur numérique
 S Autocommutateur numérique
 SY Mot de verrouillage de trame
 [motifs] Octets
 a) Perte d'un octet
 b) Répétition d'un octet

La grandeur des glissements dépend de la capacité des mémoires qui équipent les autocommutateurs et les multiplexeurs numériques. Dans le réseau suisse, les équipements sont réalisés de façon qu'un glissement provoque la perte ou la répétition de 8 bits (un octet) dans les canaux à 64 kbit/s.

La fréquence d'apparition des glissements, quant à elle, dépend des variations temporelles de phase entre les rythmes d'inscription et de lecture [2, 3]. Une distinction doit être faite entre les influences sur la phase susceptibles de provoquer des *glissements contrôlés* – tels que celles des générateurs de signaux de rythme centralisés ou des fluctuations du temps de propagation des systèmes de transmission et de commutation (gigue et dérapage) – et les sources de *glissements non contrôlés*, tels que certaines perturbations (problèmes de compatibilité électro-magnétique CEM), ou des amplitudes de gigue ou de dérapage excessives.

La fréquence d'apparition des glissements contrôlés peut être réduite à des valeurs tolérables pour les différents services par une planification adéquate du réseau et des équipements de synchronisation, ainsi que par celle des performances en présence de gigue et de dérapage des équipements numériques. En revanche, il est plus difficile de s'affranchir des glissements non contrôlés par des interventions au niveau de leurs sources (spécification CEM, maintenance, etc.). C'est pour cette raison qu'il est prudent d'attribuer une part des objectifs pour la qualité de fonctionnement du réseau (paragraphe 13) à ces sources de glissement. Cette catégorie de dégradation est souvent désignée par l'expression «effets du réseau».

43 Taux de glissement admissible

L'élaboration de bases de planification pour le réseau devrait, en fait, débiter par la détermination des taux de glissement tolérés par les différents services. En pratique, la situation se présente différemment, car la majorité des réseaux numériques se trouvent dans leur phase d'introduction. De ce fait, les expériences en exploitation réelle font encore défaut. Cela concerne particulièrement les taux de glissement sur les liaisons numériques à grande distance. Parmi les rares publications relatives à l'influence des glissements sur les services supportés par un réseau numérique, une contribution présentée au CCITT par *Nippon Telegraph and Telephone Public Corporation* (NTTPC) [4] mérite d'être examinée, car elle a servi de base aux valeurs recommandées dans les avis actuels du CCITT. Les conclusions de ces investigations sont résumées dans le *tableau VII*.

Pour les liaisons téléphoniques, environ 5 % seulement des glissements produisent des clics audibles, alors que la transmission de programmes radiophoniques est affectée d'un clic audible à chaque glissement. Pour ces deux services NTTPC propose des périodes de glissement au moins égales à 0,5 minute ou 1 heure, respectivement. En ce qui concerne les données, les valeurs sont de 1 heure ou 3 heures, respectivement, pour les transmissions avec des blocs de longueur fixe et variable sous forme numérique. L'apparition de glissements dans un canal de données transmis dans la bande téléphonique provoque une distorsion analogique du signal

Tableau VII. Dégradations et taux de glissement

Service		Type de dégradation	Taux de glissement admissible
Téléphonie		Clic (5 % seulement sont audibles)	1 glissement/0,01 h ¹
Programmes radiophoniques		Clic (100 % audibles)	1 glissement/1 h
Données	Blocs de longueur fixe	Perte de synchronisation de multiframe	1 glissement/1 h ^{1,2}
	Blocs de longueur variable	Blocs erronés (équivalent à une ou plusieurs erreurs/bloc)	1 glissement/3 h ^{1,2}
	Dans la bande téléphonique	Chapelet d'erreurs	1 glissement/0,01 h
Télécopie	Sans protection contre les erreurs (groupe 1, 2)	Déplacement d'une partie de l'image (à partir de la ligne erronée)	1 glissement/6 h
	Avec protection contre les erreurs (groupe 3)	Blocs erronés (ligne remplacée par ligne précédente)	1 glissement/0,04 h ³

¹ 10 % des dégradations totales sont attribuées aux glissements, 90 % aux erreurs

² Correspond à une dégradation de l'efficacité de transmission de 0,5 % due aux glissements

³ 10 % de la dégradation due à un taux d'erreur de 10^{-6} est attribuée au glissement

basse fréquence qui peut être assimilée à des erreurs. Il n'y a donc pas de perte de verrouillage comme dans le cas de données transmises sous forme numérique en blocs de longueur fixe. La période minimale est environ égale à celle du service téléphonique (0,5 minute). Finalement, le service de télécopie présente la sensibilité la plus élevée lorsque la procédure de transmission ne permet pas de se protéger contre les erreurs (groupes 1 et 2). Pour ce type de télécopieurs, la période des glissements doit être inférieure à 6 heures, alors que les appareils équipés de dispositifs de protection contre les erreurs (groupe 3, par exemple) permettent de tolérer un glissement tous les 0,04 heure.

44 Normes internationales

L'avis G.822 du CCITT [5] recommande les objectifs pour la qualité de fonctionnement des réseaux relatifs aux glissement (*tab. VIII*).

Tableau VIII. Limite du taux de glissement contrôlé admissible sur une communication ou une voie support internationale à 64 kbit/s (Avis G. 822 [5])

Qualité de fonctionnement	Taux moyen de glissement	Objectifs pour le réseau en pourcentage du temps total ¹
(a)	≤ 5 glissements en 24 h	> 98,9 %
(b)	> 5 glissements en 24 h ≤ 30 glissements en 1 h	< 1,0 %
(c)	> 30 glissements en 1 h	< 0,1 %

¹ Temps total ≥ 1 an

La méthode adoptée dans cet avis pour la spécification des dégradations dues au glissement – seuils moyens limites en fonction du pourcentage du temps total pour trois qualités de fonctionnement – présente certains inconvénients. Différentes propositions visant à la remplacer par une autre façon de procéder, fondée, par exemple, sur le principe «taux de glissement multiplié par sa probabilité = constante», ont été examinées au CCITT, sans jusqu'ici faire l'unanimité.

Comme dans le cas des erreurs, ces objectifs sont valables pour une communication d'abonné à abonné au débit de 64 kbit/s et d'une longueur maximale de 27 500 km, conforme à l'Avis G.104 (fig. 2) [6]. L'Avis G.822 indique également le principe de répartition des objectifs aux parties locales, nationales et internationales de cette communication.

45 Principe de la répartition des glissements

Dans une communication à 64 kbit/s, les glissements se produisent aux autocommutateurs ainsi qu'aux endroits où le canal numérique transite entre deux multiplexeurs à 64 kbit/s (paragraphe 42). Par conséquent, le nombre d'autocommutateurs en cascade devra être pris en considération dans le processus de répartition des objectifs. Il faut également tenir compte des caractéristiques de ces centres de commutation qui peuvent, du point de vue de la synchronisation, se trouver dans différents états. En fonctionnement normal, les équipements de synchronisation sont conçus de manière à garantir un taux de glissement inférieur à un glissement en 70 jours (fonctionnement plésiochrone à haute stabilité conforme à l'Avis G.811 [7]). Pendant un faible pourcentage du temps total, des défaillances du réseau de synchronisation ou des équipements de génération de rythme peuvent apparaître et provoquer des taux de glissement plus élevés. Les qualités de fonctionnement b) et c) du tableau VIII correspondent à ces états de fonctionnement dégradés. Il est généralement admis qu'à un instant donné la probabilité que plus d'un centre se trouve en fonctionnement dégradé est suffisamment faible pour être négligée. Cette hypothèse permet de répartir les objectifs en divisant les pourcentages du temps total correspondant aux trois qualités de fonctionnement du tableau VIII.

D'après l'Avis G.104, la communication fictive de référence comprend au total 15 centres de commutation en cascade dans le cas le plus défavorable. Ce genre de communications est extrêmement rare, en particulier le nombre de circuits internationaux (fig. 2, liaisons entre CT3) dépasse trois seulement dans 0,1 % des cas. La tendance actuelle est d'admettre ce chiffre comme cas le plus défavorable pour la répartition des glissements,

si bien que le nombre de centres de commutation à prendre en considération est le suivant:

- 2 × 1 centres locaux
- 2 × 3 centres nationaux
- 4 centres internationaux

L'Avis G.822 spécifie la répartition des objectifs entre ces trois catégories de centres. Il convient cependant de noter que les administrations peuvent attribuer des objectifs différents aux centres nationaux et locaux, à condition que l'objectif global pour la partie nationale de la communication soit respecté (*tab. IX*). Il est tenu

Tableau IX. Répartition des objectifs de qualité de fonctionnement du réseau aux sections de la communication fictive de référence (Avis G. 822 [5])

Section de la communication fictive de référence de la figure 2	Pourcentage attribué à chacun des objectifs du tableau VIII	Objectifs en pourcentage du temps total ¹	
		(b)	(c)
Section internationale	8 %	0,08 %	0,008 %
Chacune des sections nationales	6 %	0,06 %	0,006 %
Chacune des sections locales	40 %	0,4 %	0,04 %

¹ Temps total ≥ une année

compte dans les chiffres du fait que, selon le niveau hiérarchique du centre de commutation, le volume de trafic affecté par un fonctionnement dégradé de la synchronisation est plus ou moins important. Ainsi, les exigences sont les moins sévères pour les centres locaux. Les colonnes de droite du tableau IX s'obtiennent à partir du tableau VIII, pour les qualités de fonctionnement b) et c).

Les objectifs pour les trois catégories de centres du *tableau X* se dérivent en divisant les pourcentages des deux dernières colonnes du tableau IX par le nombre de centres appartenant aux parties locales, nationales et internationale de la communication de référence. Les normes internationales ne précisent pas plus en détail la répartition des taux de glissement, en particulier il n'est pas mentionné de quelle manière les objectifs pour les

Tableau X. Objectifs de qualité de fonctionnement pour les trois types de centre de commutation dérivés de l'Avis G. 822 [5]

Centre	Qualité de fonctionnement b)		Qualité de fonctionnement c)	
	P	T _{max} (s)	P	T _{max} (s)
international et national	2 · 10 ⁻⁴	6,3 · 10 ³ (1,75 h)	2 · 10 ⁻⁵	6,3 · 10 ² (10,5 min)
local	4 · 10 ⁻³	1,26 · 10 ⁵ (35 h)	4 · 10 ⁻⁴	1,26 · 10 ⁴ (3,5 h)

b) c) Niveaux de qualité de fonctionnement dégradés, selon tableau VIII
p) Probabilité
T_{max} Période la plus longue dans laquelle le centre fonctionne avec un niveau de qualité b) ou c) sur un temps total d'une année

projets sont à dériver des objectifs de fonctionnement pour le réseau.

Si l'on se réfère aux sources de glissement examinées au paragraphe 42, où une distinction est faite entre les glissements provoqués par les équipements et ceux dus aux effets du réseau, on s'aperçoit que les objectifs du tableau X correspondent à la somme de ces deux contributions. Par conséquent, les objectifs pour les projets des équipements de synchronisation se calculent en prenant comme base les valeurs du tableau X, selon une clé de répartition «effets du réseau – objectifs pour les projets» à déterminer. Ce dernier point est difficile à fixer actuellement par manque d'expérience sur les caractéristiques des glissements provenant des effets du réseau. Dans la publication [3], la répartition a été faite en attribuant une part égale des pourcentages du tableau X aux effets du réseau et aux équipements. Il faut cependant remarquer que les hypothèses sur les objectifs de qualité de fonctionnement du réseau pris en considération dans [3] sont basées sur une extension de l'Avis G.822 (introduction d'un niveau de fonctionnement nominal) ainsi que sur une répartition aux centres de la communication fictive de référence différente de celle indiquée au tableau IX.

46 Exigences résultantes pour les systèmes de synchronisation

Le rôle des équipements de synchronisation consiste à fournir des signaux d'horloge destinés à piloter les autocommutateurs et les multiplexeurs fonctionnant à 2048 kbit/s. Dans les réseaux numériques commutés, ces équipements sont généralement incorporés aux autocommutateurs, alors que pour les réseaux de données l'équipement est séparé des multiplexeurs. Du point de vue fonctionnel, l'équipement de génération de signaux d'horloge est caractérisé par la déviation de fréquence relative Δf en fonction de sa probabilité. Ces deux paramètres permettent de déterminer les caractéristiques du système de synchronisation. Dans le cas d'un équipement destiné à un réseau basé sur le principe maître-esclave [2], ces caractéristiques sont les suivantes:

- générateur de rythme:
 - précision avec laquelle la fréquence est mémorisée lors d'une défaillance des liaisons de synchronisation
 - taux de vieillissement de l'oscillateur
- réseau de synchronisation:
 - disponibilité des liaisons de synchronisation avec le nœud auquel le centre est subordonné

Le problème de la détermination exacte de ces paramètres ainsi que des considérations détaillées sur l'estimation des taux de glissement ont déjà fait l'objet d'une publication [2].

Au CCITT, l'Avis G.811 spécifie, en particulier, des valeurs d'indisponibilité et de dégradation des horloges de référence qui correspondent, en fait, à des objectifs pour les projets. Cependant, l'Avis G.811 a été élaboré avant les spécifications des taux de glissement de l'Avis G.822 et de manière indépendante. Il manquait donc, jusqu'ici, une relation logique entre ces deux types de

Tableau XI. Objectifs pour la qualité de fonctionnement du rythme des centres du réseau numérique selon l'Avis 811 [7]

Qualité de fonctionnement ¹	Déviation relative de fréquence $\frac{\Delta f}{f}$ du rythme d'un nœud		Proportion du temps pendant laquelle la dégradation peut se produire par rapport au temps total	
	centre local	centre national et international	centre local	centre national et international
nominal	$\leq 10^{-11}$	$\leq 10^{-11}$	$\geq 98,89 \%$	$\geq 99,945 \%$
(a)	$10^{-11} < \left \frac{\Delta f}{f} \right \leq 10^{-8}$	$10^{-11} < \left \frac{\Delta f}{f} \right \leq 2 \cdot 10^{-9}$	$\leq 1 \%$	$\leq 0,05 \%$
(b)	$10^{-8} < \left \frac{\Delta f}{f} \right \leq 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-9} < \left \frac{\Delta f}{f} \right \leq 5 \cdot 10^{-7}$	$\leq 0,1 \%$	$\leq 0,005 \%$
(c)	$\left \frac{\Delta f}{f} \right > 10^{-6}$	$\left \frac{\Delta f}{f} \right > 5 \cdot 10^{-7}$	$\leq 0,01 \%$	$\leq 0,0005 \%$

¹ Les niveaux de performance (a), (b) et (c) correspondent à ceux définis dans l'Avis G. 822

spécifications. A la fin de la période d'études de 1981...1984 du CCITT, les recommandations ont été modifiées dans ce sens. Les valeurs des probabilités en fonction de la déviation de fréquence relative ayant fait l'objet d'un accord représentent un compromis entre les exigences de l'Avis G. 822 et les performances que la technologie actuelle au niveau des oscillateurs permet d'obtenir aisément. Elles sont, en effet, plus sévères que celles indiquées au tableau X. Cette réserve a été incluse, afin qu'il soit tenu compte des effets du réseau (voir paragraphe 45) et des exigences qui pourraient apparaître lors de l'introduction de services commutés à large bande.

Ces nouvelles spécifications, qui font partie de l'Avis G. 811 [7], sont reproduites au *tableau XI*. Bien que provisoires, elles représentent un pas important vers un ensemble plus cohérent de normes sur la synchronisation des réseaux numériques.

5 Conclusions

Fondés sur les plus récents Avis et travaux du CCITT, des objectifs pour la qualité de fonctionnement du réseau numérique ont été établis; ils concernent les performances d'erreur, la gigue, le dérapage et les glissements.

Les spécifications de taux d'erreurs ont été dérivées de l'Avis G.821. Ces dernières ont été formulées de telle manière qu'elles puissent être vérifiées de façon simple. Elles devraient garantir que les systèmes qui leur sont conformes aient une qualité suffisante pour la transmission de données et qu'ils puissent être intégrés dans le futur RNIS. Ces exigences permettront aussi de définir les autres types d'objectifs et, en particulier, les objectifs pour la mise en service ou les limites applicables à la maintenance.

Les considérations concernant la gigue sont basées sur les travaux les plus récents du CCITT. Les principes ont été appliqués aux conditions particulières du réseau suisse; il est vraisemblable que, vu la faible étendue géographique de ce réseau, le contrôle de la gigue ne pose pas de problème particulier si les équipements répondent aux exigences posées.

En ce qui concerne les glissements, les spécifications internationales sont en revision. Elles laissent actuellement un degré de liberté tel que les exigences pour les systèmes de synchronisation dérivées dans la présente publication peuvent être satisfaites par un grand nombre de réalisations et, en particulier, par celle choisie pour le réseau suisse.

Les projets d'Avis sont encore en évolution et il est probable que les normes de qualité présentées subiront certaines modifications, afin qu'il soit tenu compte, d'une part, de nouveaux services (par ex. la visioconférence) et, d'autre part, des expériences en exploitation réelle qui font encore partiellement défaut aujourd'hui.

Bibliographie

- [1] CCITT Genève, Commission d'études XVIII, rapport R 30, Avis G.821 – état 1984.
- [2] Probst P. A. et Vörös P. Synchronisation des réseaux numériques: Exploitation plésiochrone et synchrone. Berne, Bull. techn. PTT 60 (1982) 2 et 3, p. 93 et 125.
- [3] Probst P. A. Synchronisation du réseau numérique suisse. 4th World Telecommunication Forum 83, Genève, partie II, vol. 3.
- [4] Proposition relative à une valeur acceptable pour le taux de glissement. CCITT Genève, Commission d'études XVIII, contribution 123 (1982).
- [5] CCITT Genève, Commission d'études XVIII, rapport R 30, Avis G.822 – état 1984.
- [6] CCITT Genève, Livre jaune, tome III/1: Caractéristiques générales des communications et des circuits téléphoniques internationaux. Avis G.104 Communications fictives de référence (1981).
- [7] CCITT Genève, Commission d'études XVIII, rapport R 30, Avis G.811 – état 1984.
- [8] CCITT Genève, Commission d'études VIII, Rapport R 31, Avis G. 823 – état 1984.