

This electronic version (PDF) was scanned by the International Telecommunication Union (ITU) Library & Archives Service from an original paper document in the ITU Library & Archives collections.

La présente version électronique (PDF) a été numérisée par le Service de la bibliothèque et des archives de l'Union internationale des télécommunications (UIT) à partir d'un document papier original des collections de ce service.

Esta versión electrónica (PDF) ha sido escaneada por el Servicio de Biblioteca y Archivos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) a partir de un documento impreso original de las colecciones del Servicio de Biblioteca y Archivos de la UIT.

(ITU) للاتصالات الدولي الاتحاد في والمحفوظات المكتبة قسم أجراه الضوئي بالمسح تصوير نتاج (PDF) الإلكترونية النسخة هذه والمحفوظات المكتبة قسم في المتوفرة الوثائق ضمن أصلية ورقية وثيقة من نقلاً

此电子版(PDF版本)由国际电信联盟(ITU)图书馆和档案室利用存于该处的纸质文件扫描提供。

Настоящий электронный вариант (PDF) был подготовлен в библиотечно-архивной службе Международного союза электросвязи путем сканирования исходного документа в бумажной форме из библиотечно-архивной службы МСЭ.



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

CCITT

COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE

LIVRE BLEU

TOME III - FASCICULE III.5

RÉSEAUX NUMÉRIQUES, SECTIONS NUMÉRIQUES ET SYSTÈMES DE LIGNE NUMÉRIQUE

RECOMMANDATIONS G.801 À G.961



IXº ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE

MELBOURNE, 14-25 NOVEMBRE 1988



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

CCITT

COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE

LIVRE BLEU

TOME III - FASCICULE III.5

RÉSEAUX NUMÉRIQUES, SECTIONS NUMÉRIQUES ET SYSTÈMES DE LIGNE NUMÉRIQUE

RECOMMANDATIONS G.801 À G.961



IXº ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE

MELBOURNE, 14-25 NOVEMBRE 1988

Genève 1989

ISBN 92-61-03352-0



CONTENU DU LIVRE DU CCITT EN VIGUEUR APRÈS LA NEUVIÈME ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE (1988)

LIVRE BLEU

Tome I						
FASCICULE I.1	Procès-verbaux et rapports de l'Assemblée plénière.					
	Liste des Commissions d'études et des Questions mises à l'étude.					
FASCICULE I.2	Vœux et Résolutions.					
	Recommandations sur l'organisation du travail du CCITT (série A).					
FASCICULE 1.3	 Termes et définitions. Abréviations et acronymes. Recommandations sur les moyens d'expression (série B) et les Statistiques générales des télécommunications (série C). 					
FASCICULE I.4	- Index du Livre bleu.					
Tome II						
FASCICULE II.1	 Principes généraux de tarification – Taxation et comptabilité dans les services interna- tionaux de télécommunications. Recommandations de la série D (Commission d'études III). 					
FASCICULE II.2	 Service téléphonique et RNIS -, Exploitation, numérotage, acheminement et service mobile. Recommandations E.100 à E.333 (Commission d'études II). 					
FASCICULE II.3	 Service téléphonique et RNIS – Qualité de service, gestion du réseau et ingénierie du trafic. Recommandations E.401 à E.880 (Commission d'études II). 					
FASCICULE II.4	 Services de télégraphie et mobile. Exploitation et qualité de service. Recommandations F.1 à F.140 (Commission d'études I). 					
FASCICULE II.5	 Services de télématique, de transmission de données et de téléconférence – Exploitation et qualité de service. Recommandations F.160 à F.353, F.600, F.601, F.710 à F.730 (Commission d'études I). 					
FASCICULE II.6	 Services de traitement des messages et d'annuaire – Exploitation et définition du service. Recommandations F.400 à F.422, F.500 (Commission d'études I). 					
Tome III						
FASCICULE III.1	 Caractéristiques générales des communications et des circuits téléphoniques internationaux. Recommandations G.100 à G.181 (Commissions d'études XII et XV). 					
FASCICULE III.2	 Systèmes internationaux analogiques à courants porteurs. Recommandations G.211 à G.544 (Commission d'études XV). 					
FASCICULE III.3	 Supports de transmission – Caractéristiques. Recommandations G.601 à G.654 (Commission d'études XV). 					
FASCICULE III.4	 Aspects généraux des systèmes de transmission numériques; équipements terminaux. Recommandations G.700 à G.795 (Commissions d'études XV et XVIII). 					

FASCICULE III.5 - Réseaux numériques, sections numériques et systèmes de ligne numérique. Recommandations G.801 à G.961 (Commissions d'études XV et XVIII).

- FASCICULE III.6 Utilisation des lignes pour la transmission des signaux autres que téléphoniques. Transmissions radiophoniques et télévisuelles. Recommandations des séries H et J (Commission d'études XV).
- FASCICULE III.7 Réseau numérique avec intégration des services (RNIS) Structure générale et possibilités de service. Recommandations I.110 à I.257 (Commission d'études XVIII).
- FASCICULE III.8 Réseau numérique avec intégration des services (RNIS) Aspects généraux et fonctions globales du réseau, interfaces usager-réseau RNIS. Recommandations I.310 à I.470 (Commission d'études XVIII).
- FASCICULE III.9 Réseau numérique avec intégration des services (RNIS) Interfaces entre réseaux et principes de maintenance. Recommandations I.500 à I.605 (Commission d'études XVIII).

Tome IV

- FASCICULE IV.1 Principes généraux de maintenance, maintenance des systèmes de transmission internationaux et de circuits téléphoniques internationaux. Recommandations M.10 à M.782 (Commission d'études IV).
- FASCICULE IV.2 Maintenance des circuits internationaux télégraphiques, phototélégraphiques et loués.

 Maintenance du réseau téléphonique public international. Maintenance des systèmes maritimes à satellites et de transmission de données. Recommandations M.800 à M.1375 (Commission d'études IV).
- FASCICULE IV.3 Maintenance des circuits radiophoniques internationaux et transmissions télévisuelles internationales. Recommandations de la série N (Commission d'études IV).
- FASCICULE IV.4 Spécifications des appareils de mesure. Recommandations de la série O (Commission d'études IV).
 - Tome V Qualité de la transmission téléphonique. Recommandations de la série P (Commission d'études XII).

Tome VI

- FASCICULE VI.1 Recommandations générales sur la commutation et la signalisation téléphoniques. Fonctions et flux d'information pour les services du RNIS. Suppléments. Recommandations Q.1 à Q.118 bis (Commission d'études XI).
- FASCICULE VI.2 Spécifications des Systèmes de signalisation n° 4 et 5. Recommandations Q.120 à Q.180 (Commission d'études XI).
- FASCICULE VI.3 Spécifications du Système de signalisation n° 6. Recommandations Q.251 à Q.300 (Commission d'études XI).
- FASCICULE VI.4 Spécifications des Systèmes de signalisation R1 et R2. Recommandations Q.310 à Q.490 (Commission d'études XI).
- FASCICULE VI.5 Centraux numériques locaux, de transit, combinés et internationaux dans les réseaux numériques intégrés et les réseaux mixtes analogiques-numériques. Suppléments. Recommandations Q.500 à Q.554 (Commission d'études XI).
- FASCICULE VI.6 Interfonctionnement des systèmes de signalisation. Recommandations Q.601 à Q.699 (Commission d'études XI).
- FASCICULE VI.7 Spécifications du Système de signalisation n° 7. Recommandations Q.700 à Q.716 (Commission d'études XI).
- FASCICULE VI.8 Spécifications du Système de signalisation n° 7. Recommandations Q.721 à Q.766 (Commission d'études XI).
- FASCICULE VI.9 Spécifications du Système de signalisation n° 7. Recommandations Q.771 à Q.795 (Commission d'études XI).
- FASCICULE VI.10 Système de signalisation d'abonné numérique n° 1 (SAN 1), couche liaison de données. Recommandations Q.920 à Q.921 (Commission d'études XI).

- FASCICULE VI.11 Système de signalisation d'abonné numérique nº 1 (SAN 1), couche réseau, gestion usager-réseau. Recommandations Q.930 à Q.940 (Commission d'études XI).
- FASCICULE VI.12 Réseau mobile terrestre public, interfonctionnement du RNIS avec le RTPC. Recommandations Q.1000 à Q.1032 (Commission d'études XI).
- FASCICULE VI.13 Réseau mobile terrestre public. Sous-système application mobile et interface associées. Recommandations O.1051 à O.1063 (Commission d'études XI).
- FASCICULE VI.14 Interfonctionnement avec les systèmes mobiles à satellites. Recommandations Q.1100 à Q.1152 (Commission d'études XI).

Tome VII

- FASCICULE VII.1 Transmission télégraphique. Recommandations de la série R. Equipements terminaux pour les services de télégraphie. Recommandations de la série S (Commission d'études IX).
- FASCICULE VII.2 Commutation télégraphique. Recommandations de la série U (Commission d'études IX).
- FASCICULE VII.3 Equipements terminaux et protocoles pour les services de télématique. Recommandations T.0 à T.63 (Commission d'études VIII).
- FASCICULE VII.4 Procédures d'essai de conformité pour les Recommandations télétex. Recommandation T.64 (Commission d'études VIII).
- FASCICULE VII.5 Equipements terminaux et protocoles pour les services de télématique. Recommandations T.65 à T.101, T.150 à T.390 (Commission d'études VIII).
- FASCICULE VII.6 Equipements terminaux et protocoles pour les services de télématique. Recommandations T.400 à T.418 (Commission d'études VIII).
- FASCICULE VII.7 Equipements terminaux et protocoles pour les services de télématique. Recommandations T.431 à T.564 (Commission d'études VIII).

Tome VIII

- FASCICULE VIII.1 Communication de données sur le réseau téléphonique. Recommandations de la série V (Commission d'études XVII).
- FASCICULE VIII.2 Réseaux de communications de données: services et facilités, interfaces. Recommandations X.1 à X.32 (Commission d'études VII).
- FASCICULE VIII.3 Réseaux de communications de données: transmission, signalisation et commutation, réseau, maintenance et dispositions administratives. Recommandations X.40 à X.181 (Commission d'études VII).
- FASCICULE VIII.4 Réseaux de communications de données: interconnexion de systèmes ouverts (OSI) Modèle et notation, définition du service. Recommandations X.200 à X.219 (Commission d'études VII).
- FASCICULE VIII.5 Réseaux de communications de données: interconnexion de systèmes ouverts (OSI) Spécifications de protocole, essai de conformité. Recommandations X.220 à X.290 (Commission d'études VII).
- FASCICULE VIII.6 Réseaux de communications de données: interfonctionnement entre réseaux, systèmes mobiles de transmission de données, gestion inter-réseaux. Recommandations X.300 à X.370 (Commission d'études VII).
- FASCICULE VIII.7 Réseaux de communications de données: systèmes de messagerie. Recommandations X.400 à X.420 (Commission d'études VII).
- FASCICULE VIII.8 Réseaux de communications de données: annuaire. Recommandations X.500 à X.521 (Commission d'études VII).
 - Tome IX Protection contre les perturbations. Recommandations de la série K (Commission d'études V). Construction, installation et protection des câbles et autres éléments d'installations extérieures. Recommandations de la série L (Commission d'études VI).

Tome X-

FASCICULE X.1 Langage de spécification et de description fonctionnelles (LDS), Critères d'utilisation des techniques de description formelles (TDF). Recommandation Z.100 et Annexes A, B, C et E, Recommandation Z.110 (Commission d'études X). **FASCICULE X.2** - Annexe D de la Recommandation Z.100: directives pour les usagers du LDS (Commission d'études X). **FASCICULE X.3** - Annexe F.1 de la Recommandation Z.100: définition formelle du LDS. Introduction (Commission d'études X). **FASCICULE X.4** - Annexe F.2 de la Recommandation Z.100: définition formelle du LDS. Sémantique statique (Commission d'études X). **FASCICULE X.5** - Annexe F.3 de la Recommandation Z.100: définition formelle du LDS. Sémantique dynamique (Commission d'études X). - Langage évolué du CCITT (CHILL). Recommandation Z.200 (Commission d'études X). **FASCICULE X.6** - Langage homme-machine (LHM). Recommandations Z.301 à Z.341 (Commission FASCICULE X.7 d'études X).

TABLE DES MATIÈRES DU FASCICULE III.5 DU LIVRE BLEU

Recommandations G.801 à G.961

Réseaux numériques, sections numériques et systèmes de ligne numérique

Nº de la Rec.		Page
SECTION 8 -	Réseaux numériques	
8.0	Aspects généraux des réseaux numériques	
G.801	Modèles de transmission numérique	3
G.802	Interfonctionnement de réseaux appliquant des hiérarchies numériques et des lois de codage de la parole différentes	8
8.1	Objectifs de conception pour les réseaux numériques	
G.810	Considérations sur les problèmes de temps-fréquence et de synchronisation	13
G.811	Conditions sur le rythme de sortie des horloges de référence primaires destinées à l'exploitation en mode plésiochrone de liaisons numériques internationales	16
G.812	Conditions sur le rythme de sortie des horloges asservies destinées à l'exploitation en mode plésiochrone de liaisons numériques internationales	21
8.2	Objectifs de qualité et de disponibilité	
G.821	Performance d'erreur sur une communication numérique internationale faisant partie d'un réseau numérique avec intégration des services	26
G.822	Objectifs de limitation du taux de glissement commandé dans une communication numérique internationale	36
G.823	Régulation de la gigue et du dérapage dans les réseaux numériques fondés sur la hiérarchie à 2048 kbit/s	38
G.824	Régulation de la gigue et du dérapage dans les réseaux numériques fondés sur la hiérarchie à 1544 kbit/s	50
SECTION 9 -	Sections numériques et systèmes de ligne numérique	
9.0	Considérations générales	
G.901	Considérations générales sur les sections numériques et les systèmes de ligne numérique	57
	Fascicule III.5 — Table des Matières	VII

9.1	Sections de ligne numérique fonctionnant à des débits hiérarchiques primaires de 1544 kbit/s	
9.2	Sections numériques fonctionnant à des débits binaires hiérarchiques fondés sur le débit primaire de 2048 kbit/s	
G.921	Sections numériques fondées sur la hiérarchie à 2048 kbit/s	59
9.3	Systèmes de ligne numérique en câble fonctionnant à des binaires non hiérarchiques	
G.931	Sections de ligne numérique fonctionnant à 3152 kbit/s	64
9.4	Systèmes de ligne numérique sur des supports de transmission MRF	
G.941	Systèmes de ligne numérique sur des supports de transmission MRF	66
9.5	Systèmes de ligne numérique	
G.950	Considérations générales sur les systèmes de ligne numérique	69
G.951	Systèmes de ligne numérique fondés sur la hiérarchie à 1544 kbit/s sur câbles à paires symétriques	70
G.952	Systèmes de ligne numérique fondés sur la hiérarchie à 2048 kbit/s sur câbles à paires symétriques	77
G.953	Systèmes de ligne numérique fondés sur la hiérarchie à 1544 kbit/s sur câbles à paires coaxiales	84
G.954	Systèmes de ligne numérique fondés sur la hiérarchie à 2048 kbit/s sur câbles à paires coaxiales	89
G.955	Systèmes de ligne numérique fondés sur la hiérarchie à 1544 kbit/s sur câbles à fibres optiques	101
G.956	Systèmes de ligne numérique fondés sur la hiérarchie à 2048 kbit/s sur câbles à fibres optiques	109
9.6	Section numérique et systèmes de transmission numérique accès usager RNIS	
G.960	Section numérique pour accès RNIS au débit de base	116
G.961	Système de transmission numérique en lignes locales métalliques pour accès RNIS au débit binaire de base	153
Supplément n	2 15 Code quasi ternaire presque différentiel (code ADQ)	271
Supplément no	Perturbations causées par des sources extérieures	27,1
Supplément no	7 34 Température dans les coffrets enterrés pour l'installation des répéteurs	272
Supplément no	2 35 Directives pour la mesure du dérapage	276
Supplément no	36 Accumulation de la gigue et du dérapage dans les réseaux numériques	285

NOTE PRÉLIMINAIRE

Dans ce fascicule, l'expression «Administration» est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une administration de télécommunications qu'une exploitation privée reconnue de télécommunications.

FASCICULE III.5

Recommandations G.801 à G.961

RÉSEAUX NUMÉRIQUES, SECTIONS NUMÉRIQUES ET SYSTÈMES DE LIGNE NUMÉRIQUE

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

SECTION 8

RÉSEAUX NUMÉRIQUES

8.0 Aspects généraux des réseaux numériques

Recommandation G.801

MODÈLES DE TRANSMISSION NUMÉRIQUE

(Malaga-Torremolinos, 1984)

Le CCITT,

considérant

- (a) que les réseaux numériques assurent des connexions extrêmement diverses pour lesquelles les dégradations de la transmission numérique et les autres paramètres de performance doivent être contrôlés;
- (b) que, faute d'un contrôle adéquat, les dégradations de la transmission numérique provoquent, dans certaines circonstances, des dégradations inacceptables de la qualité du service;
- (c) que divers objectifs pour la qualité de fonctionnement des réseaux doivent être attribués aux éléments d'un réseau numérique;
- (d) que les objectifs de conception d'équipement doivent être formulés pour chaque constituant numérique élémentaire:
- (e) que la configuration des réseaux doit permettre d'atteindre un niveau de qualité de transmission compatible avec les besoins des différents services (téléphoniques et autres), en particulier des services du RNIS;
- (f) que les Administrations doivent étudier les effets qu'exercent sur la qualité de transmission les variations éventuelles de la répartition des dégradations dans un réseau national;
- (g) qu'il faut s'assurer que les règles de planification nationales sont, à première vue, conformes aux critères qui pourraient être recommandés par le CCITT pour les systèmes nationaux et internationaux;
- (h) qu'il y a lieu de formuler des directives pour l'emploi de certains éléments numériques (liaisons par satellite, transcodeurs, mémoires-tampons, dispositifs de multiplication des circuits, etc.),

recommande

que les modèles de réseau suivants et les directives associées soient appliqués à l'étude des dégradations de la transmission numérique et des autres paramètres de la qualité de fonctionnement.

1 Introduction

Les modèles de réseau de transmission numérique sont des entités fictives de longueur et de composition spécifiées, destinées à l'étude des dégradations de la transmission numérique (par exemple: erreurs sur les bits, gigue et dérapage, retard de transmission, disponibilité, glissement, etc.). En raison de la diversité des situations possibles, chaque modèle ne peut être représentatif que d'un faible nombre d'entités réelles caractéristiques mais un nombre limité de ces modèles (par exemple 2 ou 3) peuvent, ensemble, être suffisamment représentatifs pour constituer un instrument d'étude utile.

Les modèles de réseau, lorsqu'ils sont applicables, présentent les caractéristiques suivantes:

- a) ils reflètent physiquement la longueur de l'ensemble de la communication en donnant certaines indications sur la fréquence d'apparition;
- b) ils délimitent les frontières entre éléments de commutation et éléments de transmission;
- c) ils ne renseignent pas sur les moyens utilisés pour réaliser la transmission entre les éléments de commutation (fils métalliques, fibres optiques, liaison radioélectrique, satellite, etc.);
- d) ils décrivent en détail les arrangements d'accès usager/réseau dans la zone locale (c'est-à-dire de l'abonné au central local);
- e) ils tiennent compte de toutes les utilisations possibles ou sont indépendants de ces utilisations;
- f) ils reflètent l'emploi des éléments de traitement numériques supplémentaires requis par certaines configurations de réseau (par exemple, convertisseurs A-μ, mémoires-tampons, transcodeurs, etc.).

La présente Recommandation ne traite pas de l'environnement électrique et physique associé à ces modèles. Ces aspects sont en cours d'étude. Dans l'application des modèles de réseau à l'étude de dégradations spécifiques de la transmission numérique (par exemple, les erreurs), il faut parfois estimer arbitrairement l'importance de certains facteurs, notamment l'environnement électrique.

2 Communication fictive de référence (CFR)

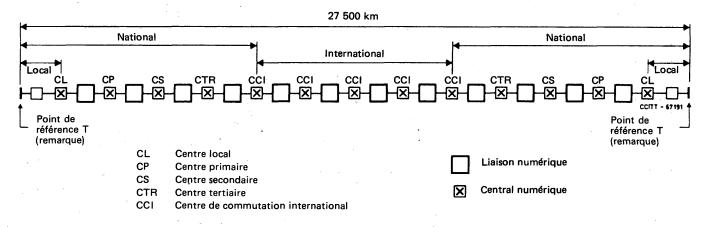
Une CFR numérique est un modèle d'après lequel on peut effectuer l'étude de la performance globale, ce qui facilite la formulation des normes et des objectifs. Pour commencer les travaux sur la performance d'un RNIS, on envisage une communication à 64 kbit/s entièrement numérique. Etant donné que les objectifs de performance globale du réseau pour tout paramètre de performance doivent être compatibles avec les besoins des usagers, ils doivent, en règle générale, être établis en fonction d'un modèle de réseau représentatif de la très longue communication. C'est le but de la CFR schématisée à la figure 1/G.801. Cette CFR 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 pour chaque relation. De plus, étant donné qu'il est difficile d'identifier toutes les mises en œuvre concevables d'une communication et qu'il n'est pas souhaitable de produire un trop grand nombre de possibilités, la composition de cette «CFR normalisée» doit pouvoir être adaptée à la tâche particulière entreprise. On peut envisager une situation dans laquelle des fonctions spécifiques sont remplies par de nombreuses CFR semblables mais dérivant toutes de la «CFR normalisée». C'est en raison de ce risque de prolifération que ces CFR ne sont pas incluses dans la présente Recommandation. Il pourra être nécessaire d'indiquer tout écart par rapport à la «CFR normalisée» dans la Recommandation concernant la dégradation ou le paramètre de performance considéré (voir, par exemple, la Recommandation G.821). Les CFR ne sont pas destinées à être utilisées pour la conception des systèmes de transmission.

La diversité de composition apparaît surtout quand on établit une distinction entre les pays de superficie moyenne et les pays très étendus: il est impossible de représenter ces différences au moyen d'une seule CFR. Au cours de la répartition, la frontière entre les parties natioales et internationales importe peu car, dans la plupart des cas, la qualité intrinsèque du circuit comprenant les deux parties est identique. En revanche, la longueur totale est considérée comme un élément critique et son choix ne dépend pas des dimensions du pays. Le niveau de dégradation effectivement observé sur une communication réelle est donc considéré comme satisfaisant s'il est compatible avec le niveau spécifié pour la CFR la plus longue, compte dûment tenu des différences de construction entre la communication fictive et la communication réelle. Pour la plupart des communications réelles conformes aux normes du CCITT, la performance effective sera sans doute nettement meilleure. Les communications conformes aux normes du CCITT qui dépassent, soit en longueur, soit en complexité, la plus longue CFR peuvent ne pas avoir de niveau de performance contrôlé; cependant, il est peu probable que leurs niveaux de dégradation dépassent de plus d'un facteur de 2 ceux de la plus longue CFR et il est fort possible que les marges de conception prévues pour certaines parties d'équipement réduisent les dégradations dans les limites des spécifications de performance de bout en bout du CCITT.

La formulation de la CFR ci-dessus ne tient pas compte des aspects suivants:

- applications maritimes;
- communications semi-automatiques;
- acheminement sur une voie de réserve en cas de défaillance.

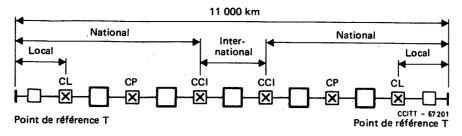
Deux autres CFR (voir les figures 2/G.801 et 3/G.801 ci-dessous) sont incluses dans la présente Recommandation pour faciliter l'étude des connexions courtes visant à définir les niveaux de performance caractéristiques prévisibles sur des circuits internationaux fréquemment mis en œuvre.



Remarque - Recommandation I.411 (applicable seulement aux RNIS).

FIGURE 1/G.801

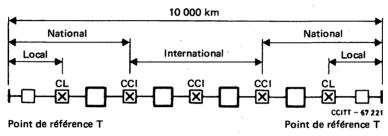
Communication numérique fictive de référence normalisée (la plus longue)



Remarque - Voir la légende sous la figure 1/G.801.

FIGURE 2/G.801

Communication numérique fictive de référence normalisée (de longueur moyenne)



Remarque - Voir la légende sous la figure 1/G.801.

FIGURE 3/G.801

Communication numérique fictive de référence normalisée (de longueur moyenne — abonné situé près du centre de commutation international)

3 Liaison numérique fictive de référence (LNFR)

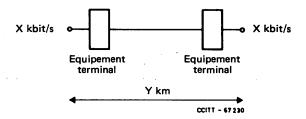
Pour faciliter l'étude des dégradations de la transmission numérique (erreurs sur les bits, gigue et dérapage, glissement, retard de transmission, etc.), il faut définir des modèles de réseau qui comprennent une combinaison des différents types d'éléments de transmission (par exemple: systèmes de transmission, multiplexeurs, démultiplexeurs, mémoires-tampons, transcodeurs). Ce genre de modèle est dénommé liaison numérique fictive de référence. Sa longueur exacte et sa composition en nombre, type et disposition des équipements seront définies en fonction du type de dégradation à étudier. Par exemple, lorsqu'on analyse l'accumulation de gigue dans un réseau, il faudrait inclure à la fois des systèmes de transmission et des muldex pour tenir compte des différentes caractéristiques de gigue observées sur ces types d'équipement. De plus, la liaison numérique fictive de référence peut être considérée comme un élément constitutif d'une CFR, ce qui permet de répartir les objectifs de performance globale sur un modèle plus court. Une longueur de 2500 km est jugée convenable pour une liaison numérique fictive de référence.

La formulation de tels modèles doit faire l'objet d'études ultérieures.

Dans les Recommandations du CCIR, on trouve parfois le terme conduit numérique fictif de référence, qui équivaut à la liaison numérique fictive de référence (voir la définition 3005 de la Recommandation G.701).

4 Section numérique fictive de référence (SNFR)

Pour pouvoir définir les spécifications de performance des systèmes de transmission (systèmes de ligne et systèmes radioélectriques numériques), il faut introduire une section numérique fictive de référence. Ce modèle est défini à la figure 4/G.801 pour chaque niveau des hiérarchies numériques définies dans la Recommandation G.702. Les bornes d'entrée et de sortie sont les interfaces recommandées, figurant dans la Recommandation G.703 pour les différents débits binaires hiérarchiques. Les longueurs choisies sont représentatives des sections numériques les plus couramment rencontrées dans les réseaux d'exploitation réels et suffisent à établir une spécification réaliste des performances des systèmes de radiocommunication numériques. Ce modèle est homogène en ce sens qu'il ne comprend aucun autre équipement numérique tel que multiplexeurs ou démultiplexeurs. Cette entité peut former l'un des éléments d'une liaison numérique fictive de référence.



Remarque — La valeur de «Y» dépend de l'application du réseau. Actuellement, des longueurs de 50 km et de 280 km sont reconnues nécessaires (voir la Recommandation G.921).

FIGURE 4/G.801

Section numérique fictive de référence

Il est possible de rapporter à une section numérique fictive de référence les deux types suivants de normes de performance:

- les objectifs pour la qualité de fonctionnement des réseaux, objectifs qui doivent être atteints dans un réseau réel;
- les objectifs de conception d'équipements qui donnent des directives aux concepteurs de systèmes utilisant des moyens et une technique de transmission particuliers.

Remarque 1 — Les objectifs de conception d'équipement qui figurent normalement dans les Recommandations relatives aux systèmes de transmission et de commutation sont formulés de manière à assurer la compatibilité avec les objectifs correspondants en matière de qualité de fonctionnement des réseaux.

Remarque 2 – La définition d'un objectif de la qualité de fonctionnement d'un réseau et d'un objectif de conception d'équipement est décrite dans la Recommandation G.102.

Remarque 3 — La formulation d'une entité homogène de longueur réaliste permet de définir des spécifications et de procéder aux essais de mise en service dans des conditions d'exploitation réelle.

De la même façon, le CCIR et la CMTT ont formulé, pour les besoins de leurs travaux, des modèles axés sur le milieu et sur l'application. Les Recommandations suivantes décrivent les modèles pertinents:

- Recommandation 502-2 (Projet) Circuit fictif de référence pour transmissions radiophoniques (Systèmes de terre et systèmes du service fixe par satellite);
- Recommandation 521-1 Conduit numérique fictif de référence pour les systèmes utilisant la transmission numérique dans le service fixe par satellite;
- Recommandation 556 Conduit numérique fictif de référence pour les faisceaux hertziens de téléphonie.

ANNEXE A

(à la Recommandation G.801)

Application des modèles fictifs de référence à l'élaboration des objectifs pour la conception d'équipement

L'un des objectifs importants des modèles fictifs de référence est de faciliter la répartition des objectifs de qualité de fonctionnement des réseaux aux éléments constituants avant de calculer les objectifs pour la conception d'équipement. Une représentation schématique de la méthode adoptée par le CCITT pour formuler ces objectifs est donnée à la figure A-1/G.801.

Cette méthode tient compte de la nécessité d'établir à partir de la CFR normalisée une CFR propre à mieux tenir compte à la fois de l'utilisation et du paramètre de la qualité de fonctionnement du réseau étudié. L'adoption de cette méthode facilitera l'établissement de principes régissant l'emploi de certains éléments numériques tels que: liaisons de satellite, transcodeurs, compléments de ligne numériques, mémoires-tampons, etc.

Il est conseillé aux Administrations nationales de mettre au point leurs propres modèles de réseaux représentatifs des caractéristiques du développement de leur réseau numérique national afin de s'assurer, à première vue, de la conformité avec les normes internationales.

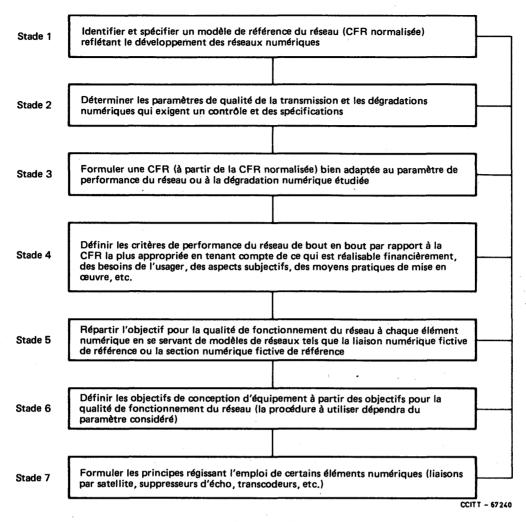


FIGURE A-1/G.801

Définition des objectifs de conception d'équipement à l'aide de modèles de réseaux

Recommandation G.802

INTERFONCTIONNEMENT DE RÉSEAUX APPLIQUANT DES HIÉRARCHIES NUMÉRIQUES ET DES LOIS DE CODAGE DE LA PAROLE DIFFÉRENTES

(ancienne Recommandation G.722 du tome III du Livre jaune, modifiée par la suite)

1 Introduction

La présente Recommandation étudie les aspects, indiqués ci-après, de l'interfonctionnement de réseaux permettant l'acheminement d'informations numériques à 64 kbit/s:

- loi de codage et règle de conversion pour l'interfonctionnement de réseaux appliquant les différentes lois de codage conformément aux Recommandations G.711, G.721 et G.722;
- hiérarchie d'interfonctionnement de réseaux tenant compte des différentes hiérarchies numériques conformes à la Recommandation G.702;
- dispositions d'interfonctionnement de réseaux tenant compte des différentes hiérarchies et lois de codage;
- interconnexion plésiochrone, de réseaux ayant chacun une synchronisation indépendante.

La présente Recommandation s'applique également aux RNIS, en ce qui concerne l'acheminement des canaux B spécifié à la Recommandation I.412.

Remarque – Les spécifications futures des canaux et les débits binaires correspondant aux services RNIS à large bande prévus pour les applications d'usager à usager pourront faire intervenir d'autres spécifications d'interfonctionnement.

2 Terminologie et définitions

Les termes utilisés dans la présente Recommandation mais non définis ci-après sont définis dans les Recommandations G.701 et I.112.

2.1 transformation Z

Conversion du signal de caractère de loi μ «00000000» (octet composé uniquement de zéros) en signal de caractère de loi μ «00000010», «1» étant le bit placé en septième position dans l'octet (voir la Recommandation G.711).

Remarque – Le numéro du bit indique l'ordre chronologique de la transmission des bits dans le traitement en série.

2.2 conversion de système multiplex à 1,5/2 Mbit/s (CSM à 1,5/2 Mbit/s)

Cette fonction présente les propriétés suivantes:

- 1) terminaison d'une liaison numérique fonctionnant à un niveau hiérarchique numérique de 1544 kbit/s;
- terminaison d'une liaison numérique fonctionnant à un niveau hiérarchique d'interfonctionnement de 2048 kbit/s;
- 3) nouvelle disposition des voies à 64 kbit/s entre des terminaisons numériques à 1544 kbit/s et à 2048 kbit/s.

Remarque – Les niveaux hiérarchiques et les structures de trame sont spécifiés, respectivement, dans les Recommandations G.702 et G.704.

2.3 densité d'impulsions minimale (DIM) à 1544 kbit/s

Un signal numérique complet à 1544 kbit/s doit présenter au moins les caractéristiques suivantes: maximum de «0» binaires entre «1» binaires successifs: 15; densité moyenne de «1» binaires: au moins un pour huit bits. Cette condition est liée à la conception d'un certain nombre de systèmes existants (voir la Recommandation G.703).

De plus, dans une liaison numérique à 1544 kbit/s, tout octet du signal source structuré en octets doit comprendre au moins un «1» binaire.

3 Capacité de transfert sans restriction à 64 kbit/s d'une liaison numérique

Les nouveaux systèmes de transmission numérique doivent pouvoir offrir des liaisons numériques à 64 kbit/s indépendantes de la séquence des bits. Cette capacité sera exploitée dès qu'il sera possible d'obtenir une capacité de transfert sans restriction à 64 kbit/s.

Cependant, une capacité de transfert indépendante de la séquence des bits à 56 kbit/s pourra être mise en œuvre sur la base d'accords bilatéraux, pendant une période transitoire. (D'importantes restrictions concernant le format des données acheminées par des équipements terminaux de traitement de données source figurent dans l'annexe A à la présente Recommandation.)

4 Conversion de loi de codage entre loi A et loi μ

4.1 Loi de codage sur une liaison numérique internationale

Les liaisons numériques internationales entre pays ayant adopté des lois de codage MIC différentes (loi A ou loi µ) doivent acheminer des signaux codés conformément à la loi A spécifiée dans la Recommandation G.711.

Si les deux pays considérés ont adopté la même loi, celle-ci doit être utilisée sur les liaisons numériques existant entre ces deux pays.

4.2 Loi de conversion

Toute conversion de loi A/loi μ requise entre pays ayant adopté des lois de codage MIC différentes sera conforme aux dispositions de la Recommandation G.711. La conversion comprend notamment l'inversion des bits de rang pair du signal de caractère de loi A.

Remarque – Dans un pays appliquant la loi μ , le point d'application de la fonction de conversion est déterminé selon la structure des réseaux numériques nationaux par l'Administration du pays en question.

4.3 Commande de la fonction de conversion

Dans les réseaux publics à commutation, l'initialisation ou l'annulation de la fonction de conversion doit être commandée par le système de commutation international, communication par communication ou pendant la communication, selon la catégorie de service demandée par le protocole de signalisation.

Il faudrait également prévoir la possibilité d'initialiser ou d'annuler cette fonction de conversion manuellement ou par l'intermédiaire d'un terminal d'opérateur, voie par voie, de façon semi-permanente. Cette capacité serait nécessaire pour la configuration de circuits de lignes louées ne passant pas par le système de commutation international, ou lorsque ce dernier n'est pas en mesure de commander la fonction.

Remarque – La commande de la fonction de conversion dans un contexte RNIS est spécifiée dans les Recommandations des séries I.300 et I.500.

5 Hiérarchie d'interfonctionnement

Pour l'interfonctionnement international de réseaux appliquant des hiérarchies numériques différentes spécifiées dans la Recommandation G.702, il y a lieu d'utiliser la hiérarchie d'interfonctionnement suivante:

Toutefois, dans le cas d'interfonctionnement de réseaux présentant des hiérarchies numériques différentes mais ayant le même niveau primaire de 1544 kbit/s, d'autres niveaux peuvent être utilisés (par exemple, 1544 kbit/s).

Remarque 1 — Les réseaux nationaux caractérisés par un niveau primaire de 1544 kbit/s peuvent acheminer en transit un trafic international à 6312 kbit/s, composé de trois signaux à 2048 kbit/s, ou à 44 736 kbit/s, décomposé en vingt-et-un signaux à 2048 kbit/s, permettant ainsi le transit de signaux à 6312 et à 44 736 kbit/s et donc à 2048 kbit/s indépendants de la séquence des bits.

Remarque 2 – La structure de trame des multiplexages 2048-6312 kbit/s, 6312-44 736 kbit/s et 44 736-139 264 kbit/s est spécifiée respectivement dans les Recommandations G.747, G.752 et G.755.

6 Dispositif d'interfonctionnement

Sur la base des spécifications générales décrites dans les sections précédentes, l'interconnexion numérique internationale entre réseaux utilisant des hiérarchies numériques et des lois de codage de la parole différentes sera conforme aux caractéristiques d'interfonctionnement du tableau 1/G.802.

7 Transport d'un signal à 1544 kbit/s dans un signal à 2048 kbit/s de structure conforme à la Recommandation G.704

Pour les applications internationales sur ligne louée, on peut considérer la transmission de signaux à 1544 kbit/s au moyen d'une mise en correspondance spéciale de signaux point à 2048 kbit/s. L'annexe B à la présente Recommandation spécifie l'organisation correspondante de la trame.

Remarque – La possibilité de développer des trames spécifiques à 44 736 kbit/s pour le transport de signaux à 8448 kbit/s ou 34 368 kbit/s n'est pas exclue.

8 Synchronisation d'une liaison numérique internationale

8.1 Liaisons non synchronisées vers les réseaux nationaux

Lorsque des réseaux nationaux indépendamment synchronisés sont interconnectés par une liaison numérique internationale dont le rythme est indépendant des réseaux nationaux, cette liaison doit fonctionner en mode plésiochrone, avec une précision conforme aux dispositions de la Recommandation G.811.

8.2 Liaisons synchronisées vers le réseau du pays d'émission

Lorsque des réseaux nationaux synchronisés indépendamment sont interconnectés par une liaison numérique internationale dont le rythme est synchronisé sur le réseau national du pays d'émission, le mode plésiochrone sera assuré dans le pays récepteur.

TABLEAU 1/G.802

Dispositif d'interfonctionnement

Type d'information	Voies téléphoniques ou données transmises dans la bande vocale			Information non vocale		Information de signalisation (remarque 1)				
Loi de codage au PRI (remarque 2) Fonction	M	IC 711		CDA 721		ICDA 722		·		
Réseau (remarque 3)	A	В	A	В	A	В	A	В	A	В
CSM à 1,5/2 Mbit/s	-	х	_ _	X	_	х	-	х	_	х
Conversion A/μ et μ/A		х	-	_	_		_	-		_
Transformation Z		X (remar- que 4)	_	X (remarques 4 et 5)	-	X (remar- ques 4 et 6)	_	X (remar- que 4)	-	_
Transcodage	_		х	х		-			· . =	-

Non autorisé

X Peut être appliqué

Remarque 1 - L'information de signalisation est transférée sur des voies sans restriction entre les CCI.

Remarque 2 - PRI = point de référence d'interfonctionnement entre le réseau A et le réseau B.

Remarque 3 — «A» est un réseau à l'intérieur du pays ayant adopté la loi A et la hiérarchie numérique à 2048 kbit/s. «B» est un réseau A à l'intérieur du pays ayant adopté la loi μ et la hiérarchie numérique à 1544 kbit/s.

Remarque 4 — On appliquera la transformation Z dans le pays ayant adopté la loi μ lorsque la liaison dans ce pays comportera des systèmes de transmission qui ont rempli les conditions de la DIM; dans ce cas la capacité de transfert sans restriction à 64 kbit/s ne peut être mise en œuvre à cause de la DIM et la capacité de transfert indépendante de la séquence des bits est restreinte à 56 kbit/s.

Remarque 5 — Les signaux numériques à 32 kbit/s, qui sont des signaux téléphoniques ou de données transmises dans la bande vocale, codés conformément à l'algorithme MICDA spécifié dans la Recommandation G.721, ne contiennent pas de mot de code «0000» (voir la Recommandation G.721). Par conséquent, même si la DIM est appliquée dans le pays ayant adopté la loi μ, ces signaux ne seront pas affectés par la transformation Z et seront transférées en transparence.

Remarque 6 – Lorsque les signaux audio à 64 kbit/s ayant une largeur de bande de 50 à 7000 Hz sont codés à 64, 56 ou 48 kbit/s, conformément à l'algorithme de codage spécifié dans la Recommandation G.722, ils ne comportent pas d'octet composé uniquement de zéros (voir la Recommandation G.722). Par conséquent, même lorsque la DIM est appliquée dans le pays ayant adopté la loi μ, ces signaux ne seront pas affectés par la transformation Z et seront transférés en transparence.

ANNEXE A

(à la Recommandation G.802)

Incidence sur l'équipement terminal conçu pour fonctionner avec une capacité de transfert indépendante de la séquence des bits à 56 kbit/s

Pendant une période transitoire, la capacité de transfert indépendante de la séquence des bits à 56 kbit/s peut être fournie dans le cadre d'un accord bilatéral. Dans ce cas, il faut alors que l'équipement terminal de traitement de données source transforme le huitième bit de chaque octet en «1» binaires. Cette opération doit avoir lieu à chaque extrémité de la connexion numérique, même si une partie de la connexion comporte une capacité de transfert sans restriction à 64 kbit/s. Si on n'arrive pas à transformer le huitième bit en «1» binaires, tout octet composé uniquement de zéros sera donc transformé en «00000010» par la transformation Z dans le pays ayant adopté la loi μ .

ANNEXE B

(à la Recommandation G.802)

Organisation de la trame pour le transport d'un signal à 1544 kbit/s dans un signal à 2048 kbit/s de structure selon la Recommandation G.704

On trouvera ci-après une méthode de transport d'un signal synchrone à 1544 kbit/s, structuré ou non, dans une trame de structure à 2048 kbit/s selon la Recommandation G.704 dans le but de fournir des applications sur ligne louée à 1544 kbit/s seulement. Le signal à 1544 kbit/s est transmis en transparence sans tenir compte de sa structure de trame dans le signal à 2048 kbit/s.

Les 193 bits d'une période arbitraire de 125 µs du signal à 1544 kbit/s doivent être contenus dans une trame de structure à 2048 kbit/s selon la Recommandation G.704, comme suit:

IT 0: signal de verrouillage de trame conforme à la Recommandation G.704

IT 1 à 15 IT 17 à 25

193 bits contigus du signal à 1544 kbit/s

Bit 1 du IT 26 IT 16, 27 à 31:

réservés à une information supplémentaire, le cas échéant, jusqu'à 384 kbit/s (voir la remarque 2)

Remarque 1 — Dans les cas où seul le signal à 1544 kbit/s doit être transporté, le rythme du signal sortant à 1544 kbit/s (ou à 2048 kbit/s) doit être celui du signal entrant à 2048 kbit/s (ou à 1544 kbit/s) dans chaque sens de transmission.

Remarque 2 — Dans certains cas, par exemple, quand l'information est transportée par les intervalles de temps réservés, le rythme du signal sortant doit être dérivé sur celui de l'horloge de référence nationale conforme à la Recommandation G.811. L'utilisation de mémoires-tampons de 125 µs est alors nécessaire pour la gestion de glissements.

Remarque 3 – La capacité maximale offerte aux utilisateurs pour le transport transparent de leur information est de 1536 kbit/s et non de 1544 kbit/s. Selon la réglementation nationale, certains exploitants de réseaux peuvent offrir l'utilisation d'une partie des 8 kbit/s de service servant, dans un signal à 1544 kbit/s, au contrôle de qualité et au rapatriement des informations correspondantes.

8.1 Objectifs de conception pour les réseaux numériques

Recommandation G.810

CONSIDÉRATIONS SUR LES PROBLÈMES DE TEMPS-FRÉQUENCE ET DE SYNCHRONISATION

(Melbourne, 1988)

1 Considérations générales

La présente Recommandation fournit des informations et des directives concernant les différentes Recommandations relatives aux signaux de temps et de fréquence et à la synchronisation ainsi qu'un aperçu des problèmes fondamentaux qui s'y rattachent.

2 - Définitions

horloge de référence primaire

Horloge de référence qui produit un signal de rythme ayant un écart de fréquence à long terme maintenu à $1 \cdot 10^{-11}$ ou mieux, par rapport au Temps Universel Coordonné (UTC). Les dispositions concernant l'horloge de référence primaire sont données dans la Recommandation G.811.

Remarque 1 – L'horloge de référence primaire peut produire un signal de rythme complètement indépendant d'autres références ou, en variante, ne pas avoir une utilisation entièrement autonome. Dans ce dernier cas, elle peut utiliser la commande directe à partir de sources usuelles de signaux horaires et de fréquences définies par référence à l'UTC.

Remarque 2 – Cette horloge est parfois appelée horloge de couche 1 (horloge ayant la qualité la plus élevée dans le réseau).

nœud de réseau synchrone

Emplacement géographique où se trouve(nt) un ou plusieurs équipement(s) numérique(s) synchrone(s) interconnecté(s).

nœud de transit

Nœud de réseau synchrone ayant des interfaces avec d'autres nœuds mais pas directement avec l'équipement de l'usager.

nœud local

Nœud de réseau synchrone ayant une interface directe avec l'équipement de l'usager.

horloge asservie

Horloge dont le signal de rythme à la sortie est verrouillé en phase sur le signal de rythme reçu d'une horloge de qualité supérieure à la sienne. Les dispositions concernant l'horloge asservie sont données dans la Recommandation G.812.

Remarque – L'horloge asservie de qualité la plus élevée est parfois appelée horloge de nœud de transit ou horloge de couche 2. L'horloge asservie de qualité immédiatement inférieure est parfois appelée horloge de nœud local ou horloge de couche 3.

gigue

Variations à court terme des instants significatifs d'un signal numérique par rapport à leurs positions de référence dans le temps.

gigue de rythme

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

gigue d'alignement

Variations à court terme entre les instants d'échantillonnage optimaux d'un signal numérique et d'une horloge d'échantillonnage définie par référence à ce signal.

dérapage

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

Remarque – Aux fins de la présente Recommandation et des Recommandations suivantes connexes, cette définition du dérapage ne recouvre pas le décalage de fréquence initiale.

écart de fréquence

Décalage sous-jacent de la fréquence à long terme d'un signal de rythme par rapport à sa fréquence théorique.

glissement

Répétition ou supression d'un bloc de bits dans un train de bits synchrone ou plésiochrone, produite par un écart entre les vitesses de lecture et d'enregistrement dans une mémoire-tampon.

3 Description des composantes de la variation de phase

La variation de phase se compose généralement de trois éléments: gigue, dérapage et écart de fréquence intégré. De plus, les discontinuités de phase imputables aux perturbations transitoires (réacheminement dans le réseau, commutation automatique de protection, etc.) peuvent également être une source de variation de phase.

4 Dégradations provoquées par variation de phase

4.1 Types de dégradation

4.1.1 Erreurs

Des erreurs peuvent se produire en des points de régénération des signaux par suite de déplacements des signaux de rythme par rapport à leur position optimale dans le temps.

4.1.2 Dégradation de l'information analogique codée numériquement

La dégradation de l'information analogique codée numériquement peut se produire à la suite d'une variation de phase des échantillons reconstitués dans le dispositif de conversion numérique/analogique à l'extrémité de la communication. Cela peut avoir une influence notable sur les signaux vidéo codés numériquement.

4.1.3 Glissements

Des glissements surviennent par suite de l'incapacité d'une mémoire-tampon d'équipement (et/ou d'autres mécanismes) à absorber les différences entre les phases et/ou les fréquences des signaux entrants et sortants dans les cas où le rythme du signal sortant n'est pas déterminé par celui du signal entrant. Les glissements peuvent être commandés ou non commandés suivant la méthode adoptée pour la régulation des glissements.

4.2 Protection contre les dégradations

4.2.1 Erreurs

Le but des spécifications concernant la gigue aussi bien du réseau que des équipements est de faire en sorte que la gigue n'ait pas d'influence sur la performance en matière d'erreur du réseau.

4.2.2 Dégradation des signaux analogiques codés numériquement

Le but des spécifications concernant la gigue est de fournir suffisamment d'information pour permettre à ceux qui conçoivent le matériel de réaliser des équipements qui puissent accepter les valeurs prévues de variation de phase sans subir de dégradations inacceptables.

4.2.3 Glissements

Les glissements peuvent se produire dans les systèmes multiplex asynchrones et dans différents équipements synchrones. Etant donné les niveaux spécifiés de variation de phase, les apparitions de glissement peuvent être réduites au minimum dans les muldex asynchrones par un choix convenable de la justification et de la capacité de la mémoire-tampon du muldex. Pour les équipements synchrones, les apparitions de glissement peuvent être réduites au minimum par un choix approprié de la capacité de la mémoire-tampon ainsi que par des spécifications rigoureuses des caractéristiques de qualité des horloges.

Il convient de noter qu'il est impossible d'éliminer les glissements lorsqu'il y a une différence de fréquence entre les signaux de rythme entrants et sortants. Les objectifs de limitation du taux de glissement commandé pour une communication internationale sont donnés dans la Recommandation G.822.

On peut utiliser différents types d'équipement de verrouillage pour réduire au minimum l'influence des glissements. Les deux types suivants conviennent bien pour l'aboutissement de signaux numériques:

- un dispositif de verrouillage de trame;
- un dispositif de verrouillage d'intervalles de temps.
- 4.2.3.1 En cas d'utilisation d'un dispositif de verrouillage de trame, le glissement est produit par l'insertion ou par la suppression d'une série d'éléments numériques consécutifs, jusqu'à concurrence d'une trame. Pour les structures de trame définies dans la Recommandation G.704, le glissement peut consister en une trame entière. Il importe que le retard maximal et le retard moyen provoqués par le dispositif de verrouillage de trame soient aussi faibles que possible, de façon à réduire le retard au minimum. Une fois que le dispositif de verrouillage de trame a produit un glissement, il importe également qu'il puisse compenser d'autres variations notables du temps d'arrivée des signaux de verrouillage de trame avant qu'il soit nécessaire de provoquer un nouveau glissement.
- 4.2.3.2 En cas d'utilisation d'un dispositif de verrouillage d'intervalles de temps, le glissement consistera en l'introduction ou la suppression de huit éléments numériques consécutifs d'un intervalle de temps dans une ou plusieurs voies à 64 kbit/s. Des glissements pouvant se produire sur des voies différentes et à des moments différents, il faut prévoir dans les équipements de commutation des dispositifs de commande spéciaux si l'on désire maintenir l'intégrité de la séquence des octets dans les services à multiples voies.

5 Objet des spécifications concernant la variation de phase

5.1 Gigue

Les dispositions concernant la gigue (voir les Recommandations G.823 et G.824) rentrent dans deux catégories principales:

- spécification de la gigue maximale admissible à la sortie des interfaces hiérarchiques;
- spécifications d'essais en présence d'une gigue sinusoïdale pour garantir que les accès d'entrée peuvent admettre les valeurs prévues de la gigue du réseau.

On trouvera des dispositions complémentaires concernant la gigue pour différents équipements dans les Recommandations relatives à ces équipements.

5.2 Dérapage et écart de fréquence à long terme

Les exigences en matière de fréquence rentrent dans les catégories suivantes:

- i) dérapage maximal de fréquence admissible à la sortie des nœuds de réseau synchrones;
- ii) contraintes spécifiques pour s'assurer que les accès d'entrée des équipements synchrones puissent admettre les valeurs prévues du dérapage de fréquence du réseau;
- iii) les spécifications concernant les dérapages des horloges de référence primaires et des horloges asservies peuvent comprendre:
 - a) le dérapage de sortie intrinsèque dans les conditions théoriques de fonctionnement;
 - b) le dérapage de sortie intrinsèque dans les conditions de fonctionnement en libre;
 - c) le dérapage en sortie dans les conditions d'essai en présence de contraintes;
 - d) la caractéristique de transfert de dérapage.

L'objet de ces Recommandations est de spécifier des limites non seulement pour l'accumulation du dérapage admissible le long des trajets de transmission, mais également pour l'accumulation du dérapage transmise sur les liens de distribution de la synchronisation provenant d'horloges montées en cascade.

6 Structure des réseaux de synchronisation

6.1 Modes de synchronisation

Les réseaux internationaux fonctionnent généralement en mode plésiochrone les uns par rapport aux autres.

La synchronisation des réseaux nationaux peut être de l'un des types suivants:

- soit réseaux totalement synchronisés, commandés par une ou plusieurs horloges de référence primaires;
- soit réseaux totalement plésiochrones;
- soit réseaux mixtes, c'est-à-dire avec des sous-réseaux synchronisés commandés par une ou plusieurs horloges de référence primaires fonctionnant en mode plésiochrone les unes par rapport aux autres.

6.2 Réseaux de synchronisation

Il existe deux méthodes fondamentales de synchronisation des horloges nodales:

- la synchronisation de type maître-esclave;
- la synchronisation mutuelle.

La synchronisation de type maître-esclave met en œuvre une horloge de référence primaire unique sur laquelle toutes les autres horloges sont verrouillées en phase. La synchronisation s'obtient en acheminant le signal de rythme d'une horloge à la suivante. Les hiérarchies d'horloges peuvent être établies avec un certain nombre d'horloges asservies par des horloges d'ordre plus élevé et qui, à leur tour, agissent comme horloges maîtresses vis-à-vis des horloges d'ordre moins élevé.

Dans un système de synchronisation nutuelle, toutes les horloges sont interconnectées; il n'y a pas de structure hiérarchique de base, ni d'horloge de référence primaire unique.

Dans certaines méthodes de synchronisation utilisées en pratique, on combine la technique de type maître-esclave et la technique de synchronisation mutuelle.

Recommandation G.811

CONDITIONS SUR LE RYTHME DE SORTIE DES HORLOGES DE RÉFÉRENCE PRIMAIRES DESTINÉES À L'EXPLOITATION EN MODE PLÉSIOCHRONE DE LIAISONS NUMÉRIQUES INTERNATIONALES

(Melbourne, 1988)

1 Considérations générales

1.1 Communications internationales et synchronisation des réseaux

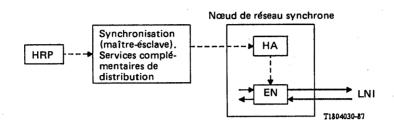
Les réseaux numériques nationaux, qui peuvent utiliser divers dispositifs de synchronisation interne, sont généralement connectés par des liaisons internationales exploitées en mode plésiochrone. Les centres de commutation internationaux (CCI) seront interconnectés directement ou indirectement par l'intermédiaire d'un ou plusieurs CCI intermédiaires, comme le montre la communication fictive de référence (CFR) présentée à la figure 1/G.801.

Les communications internationales aboutissent à des nœuds de réseau synchrones qui peuvent comprendre ou ne pas comprendre d'horloge de référence primaire. De tels nœuds de réseau peuvent comporter des horloges asservies. C'est pourquoi les spécifications des horloges des nœuds de réseau synchrones sont essentielles pour assurer une exploitation satisfaisante des liaisons numériques internationales plésiochrones.

La figure 1/G.811 représente les deux variantes de communications internationales décrites ci-dessus.

Nœud de réseau synchrone HRP EN LNI

a) Cas 1 - Nœud de réseau synchrone comprenant une horloge de référence primaire



b) Cas 2 - Nœud de réseau synchrone comprenant une horloge asservie

HRP Horloge de référence primaire

A Horloge asservie

EN Equipement numérique tel que commutateur numérique ou muldex numérique

LNI Liaison numérique internationale

Remarque - D'autres cas feront l'objet d'un complément d'étude.

FIGURE 1/G.811

Communications internationales aboutissant à des nœuds de réseau synchrones

1.2 Objet de la présente Recommandation

L'objet de cette Recommandation est de stipuler les spécifications relatives aux horloges de référence primaires, de faciliter la compréhension des spécifications de rythme correspondantes pour le fonctionnement en mode plésiochrone des liaisons numériques internationales, et d'expliquer les rapports existants entre les spécifications concernant les nœuds de réseau synchrones, leurs horloges constitutives et l'utilisation des systèmes à satellites.

Les Administrations peuvent, si elles le souhaitent, appliquer la présente Recommandation aux horloges, de référence primaires autres que celles utilisées pour les liaisons qui écoulent du trafic international.

1.3 Interaction entre fonctionnement international plésiochrone et synchrone

Il importe que les Recommandations relatives au fonctionnement plésiochrone ne compromettent pas la possibilité de mise en œuvre ultérieure de la synchronisation internationale.

Lorsque les fonctionnements plésiochrone et synchrone coexistent à l'intérieur d'un réseau international, les nœuds devront être conformes aux deux types de fonctionnement. Il importe donc que les commandes de synchronisation ne provoquent pas pour les horloges, des erreurs de fréquence à court terme inacceptables pour le mode de fonctinnement plésiochrone. Les ampleurs de ces écarts à court terme doivent être conformes aux spécifications exposées plus loin au § 2.2.

L'erreur relative maximale sur la durée (ERMSD) est la variation maximale crête à crête du retard d'un signal de rythme donné par rapport à un signal de rythme idéal pendant une période donnée (voir la figure 2/G.811), c'est-à-dire: ERMSD(S) = max x(t) – min x(t) pour toutes les valeurs de t à l'intérieur de S.

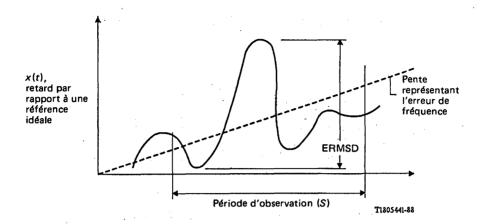


FIGURE 2/G.811

Définition de l'erreur relative maximale sur la durée

L'écart relatif de fréquence à long terme $(\Delta f/f)$ est déterminé par l'erreur relative maximale sur la durée (ERMSD) divisée par la période d'observation S, à mesure que S augmente.

Remarque – La définition rigoureuse et la mesure de l'erreur relative de fréquence à long terme des horloges feront l'objet d'études ultérieures.

2 Ecart de fréquence à long terme et stabilité de phase des horloges de référence primaires

Une horloge de référence primaire commande la qualité en matière de synchronisation pour l'ensemble du réseau. Il faut spécifier l'écart de fréquence à long terme et la stabilité de phase d'une horloge de référence primaire et fournir des indications en ce qui concerne les problèmes liés à la qualité en termes de dégradation et d'indisponibilité. La définition d'une horloge de référence primaire est donnée dans la Recommandation G.810.

2.1 Ecart de fréquence à long terme

Une horloge de référence primaire devrait être conçue en fonction d'un écart de fréquence maximal à long terme de 1 × 10¹¹. Cette valeur est environ deux ordres de grandeur supérieure à l'incertitude du Temps Universel Coordonné (UTC). En conséquence, l'UTC devrait servir de référence pour l'écart de fréquence à long terme (voir le Rapport 898 du CCIR).

En conséquence, la fréquence théorique à long terme d'apparition de glissements contrôlés de trame ou d'octets (c'est-à-dire le taux de glissement nominal correspondant à l'absence théorique de perturbations) dans une voie quelconque à 64 kbit/s ne dépasse pas un glissement par période de 70 jours et par liaison numérique internationale (voir la Recommandation G.822).

Remarque I – Un certain nombre d'Administrations préfèrent un écart de fréquence maximal à long terme de l'horloge de référence primaire de 7×10^{12} en se fondant sur la technique actuelle des horloges de référence primaires.

Remarque 2 – Les horloges à jet de césium sont appropriées comme horloges de référence primaires conformes aux spécifications ci-dessus.

2.2 Stabilité de phase

La stabilité de phase d'une horloge peut être décrite par ses variations de phase qui, à leur tour, peuvent être subdivisées en un certain nombre d'éléments:

- discontinuités de phase dues à des perturbations transitoires;
- variations de phase à long terme (dérapage et décalage de fréquence initiaux);
- variations de phase à court terme (gigue).

On trouvera dans l'annexe A à la présente Recommandation une description d'un modèle de stabilité de phase pour les horloges primaires de référence.

2.2.1 Discontinuités de phase

Les horloges primaires de référence nécessitent une extrême fiabilité et leur équipement doit être redondant pour assurer la continuité du fonctionnement. Cependant, les discontinuités de phase, qui sont dues au fonctionnement interne dans l'horloge, doivent seulement donner lieu à un accroissement ou à une diminution de la durée de l'impulsion et ne doivent pas entraîner une discontinuité de phase supérieure à 1/8 d'intervalle unitaire à la sortie de l'horloge (cela vaut pour des signaux de sortie à 1544 kbit/s ou 2048 kHz — voir le § 4. La spécification d'autres interfaces est à l'étude).

2.2.2 Variations de phase à long terme

La variation de phase maximale admissible à long terme à la sortie d'une horloge de référence primaire (sinusoïdale ou impulsive) est exprimée sous forme d'erreur relative maximale sur la durée (ERMSD).

Sur une durée de S secondes, l'ERMSD ne doit pas dépasser les limites suivantes:

- a) 100 S ns pour l'intervalle $0.05 < S \le 5$
- b) (5 S + 500) ns pour l'intervalle $5 < S \le 500$
- c) (0.01 S + X) ns pour les valeurs S > 500.

L'asymptote désignée 10^{-11} se réfère à l'écart de fréquence à long terme spécifié au § 2.1.

La valeur de X est à l'étude. Il est provisoirement recommandé d'utiliser la valeur X = 3000 ns. Certaines Administrations donnent la préférence à la valeur de 1000 ns.

Remarque 1 — Il est suggéré d'utiliser un filtre passe-bas de 10 Hz pour mesurer les variations de phase à long terme.

- Remarque 2 La Recommandation relative à l'ERMSD doit faire l'objet d'études complémentaires.
- Remarque 3 La spécification globale est illustrée à la figure 3/G.811.

2.2.3 Variations de phase à court terme

Il existe aujourd'hui des horloges dont la mise en œuvre comporte certains éléments d'instabilité de phase à haute fréquence. La spécification du maximum admissible de variation de phase à court terme, due à la gigue, pour une horloge de référence primaire est à l'étude.

3 Dégradation de la performance d'une horloge de référence primaire

L'extrême fiabilité requise d'une horloge de référence primaire implique la redondance, obtenue par exemple par l'incorporation de plusieurs oscillateurs à jet de césium, la sortie d'un seul de ces oscillateurs étant utilisée à la fois. Si la fréquence de l'horloge s'écarte sensiblement de sa valeur nominale, cet écart doit être détecté et la commutation sur un oscillateur non dégradé doit être effectuée. Cette commutation doit être exécutée avant que la valeur spécifiée pour l'ERMSD ne soit dépassée.

Compte tenu des technologies actuelles, la performance d'une horloge de référence primaire est statistiquement très supérieure à la valeur spécifiée pour l'ERMSD (voir la figure 3/G.811).

4 Interfaces

L'interface préférentielles pour la sortie du signal de base de temps est conforme à la Recommandation G.703, § 10, c'est-à-dire une interface à 2048 kHz. Par accord entre exploitants ou constructeurs d'équipements, le signal de base de temps peut aussi être transmis à plusieurs autres interfaces physiques (par exemple pour signal au débit primaire de 1544 kbits, 1 MHz, 5 MHz ou 10 MHz).

5 Utilisation des systèmes à satellites dans un réseau numérique international plésiochrone

Il est recommandé que la liaison fonctionne en mode plésiochrone, avec une source de grande précision (1×10^{-11}) pour le rythme du satellite AMRT. Les liaisons internationales par satellite aboutiront à des nœuds de réseau dont le rythme est conforme aux dispositions des Recommandations G.823 et G.824.

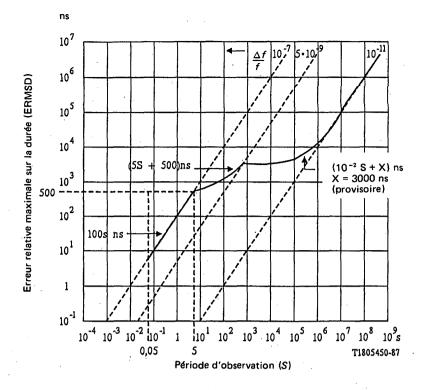


FIGURE 3/G.811

Erreur relative maximale admissible sur la durée (ERMSD) en fonction de la période d'observation S pour une horloge de référence

6 Directives concernant la mesure de la gigue et du dérapage

La vérification de la conformité avec les spécifications de la gigue et du dérapage nécessite des méthodologies de mesure normalisées pour éliminer les ambiguïtés dans les mesures et dans l'interprétation et la comparaison des résultats de mesure. Le supplément n° 3.8 (série O) et le supplément n° 35 (placé à la fin du présent fascicule) contiennent des suggestions quant à la mesure de la gigue et du dérapage.

ANNEXE A

(à la Recommandation G.811)

Caractérisation de la stabilité de phase d'une horloge de référence primaire

Le modèle de stabilité de phase décrit ci-après peut être employé pour caractériser les horloges de référence primaires. Soit x(t) l'erreur sur la durée pour une horloge synchronisée à l'instant t=0, et en fonctionnement libre par rapport au Temps Universel Coordonné (UTC) après cet instant; x(t) peut être défini par:

$$x(t) = y_0 t + \left(\frac{D}{2}\right) t^2 + e(t)$$

formule dans laquelle:

- D est la dérive de fréquence linéaire normalisée par unité de temps (vieillissement);
- est l'écart de fréquence initial par rapport à l'UTC;
- e(t) est la composante d'erreur aléatoire.

L'évaluation de l'écart type de x(t) peut être obtenue et utilisée pour caractériser l'instabilité de phase:

$$\sigma_x(t) = \left(\frac{D}{2}\right) t^2 + t \sqrt{\sigma_{y_0}^2 + \sigma_y^2 (\tau = t)}$$

formule dans laquelle:

- σ_y^2 est la variance à deux échantillons, dite variance d'Allan, de l'écart de fréquence nommé, instantané initial;
- $\sigma_{\nu}^{2}(\tau)$ est la variance qui décrit l'instabilité de fréquence de l'horloge sur le temps τ .

Recommandation G.812

CONDITIONS SUR LE RYTHME DE SORTIE DES HORLOGES ASSERVIES DESTINÉES À L'EXPLOITATION EN MODE PLÉSIOCHRONE DE LIAISONS NUMÉRIQUES INTERNATIONALES

(Melbourne, 1988)

1 Considérations générales

1.1 Objet de la présente Recommandation

La présente Recommandation a pour but de spécifier les conditions applicables aux horloges asservies et de faciliter la compréhension des spécifications de rythme correpondantes pour l'exploitation en mode plésiochrone de liaisons numériques internationales.

Remarque – Les Administrations peuvent librement appliquer les dispositions de la présente Recommandation à des horloges asservies autres que celles utilisées sur des liaisons écoulant du trafic international. Le supplément n° 35 donne des directives concernant une méthode de mesure appropriée de la performance des horloges dans le cadre de la présente Recommandation.

1.2 Erreur relative maximale de phase (temps) sur la durée

La notion d'erreur relative maximale sur la durée (ERMSD) est utile pour spécifier la performance des horloges asservies. L'ERMSD est analogue à l'ERMSD définie dans la Recommandation G.811 mais la référence est obtenue par un oscillateur réel de haute performance au lieu de l'UTC.

2 Stabilité de phase des horloges asservies

La stabilité de phase d'une horloge asservie peut être décrite par ses variations de phase qui, à leur tour, peuvent être divisées en un certain nombre d'éléments:

- discontinuités de phase dues à des perturbations transitoires;
- variations de phase à long terme (dérapage et décalage de fréquence initiaux);
- variations de phase à court terme (gigue).

On trouvera dans l'annexe A à la présente Recommandation la description d'un modèle de stabilité de phase pour horloges asservies.

2.1 Discontinuité de phase

En cas d'opérations d'essai ou de réaménagement internes peu fréquentes à l'intérieur de l'horloge asservie, il convient d'observer les conditions suivantes:

- la variation de phase au cours d'une période quelconque d'une durée maximale de 2¹¹ IU ne devrait pas dépasser 1/8 d'IU;
- pour des périodes de durée supérieure à 2¹¹ IU, la variation de phase pour chaque intervalle de 2¹¹ IU ne devrait pas dépasser 1/8 d'IU jusqu'à une valeur totale maximale de 1 μs;

l'IU correspondant à l'inverse du débit binaire de l'interface.

2.2 Variations de phase à long terme

Les caractéristiques de stabilité de phase des horloges asservies doivent tenir compte du comportement de ces horloges dans l'environnement de réseaux réels. Des dégradations telles que la gigue, les paquets d'erreur et les pannes sont des caractéristiques intrinsèques des moyens de distribution du rythme. Les spécifications ci-dessous sont fondées sur le modèle de stabilité de phase pour horloges asservies spécifiées dans l'annexe A. Ce modèle caractérise la performance effective des horloges, reflétant les contraintes qui existent dans les réseaux réels et dans lesquelles les horloges devraient fonctionner de manière satisfaisante. Trois catégories de fonctionnement des horloges doivent faire l'objet de spécifications:

- 1) fonctionnement idéal;
- 2) fonctionnement en présente de contraintes;
- 3) fonctionnement en régime libre.

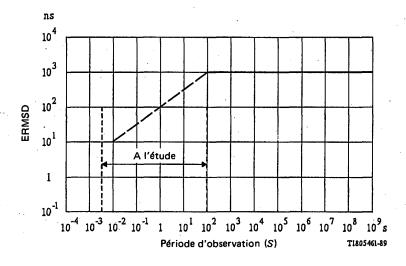
2.2.1 Fonctionnement idéal

Cette catégorie d'exploitation reflète la performance d'une horloge dans des conditions où la ou les références de rythme à l'entrée sont exemptes de dégradations.

L'ERMSD à la sortie de l'horloge asservie ne devrait pas dépasser les limites provisoires suivantes au cours d'une période quelconque de S secondes:

- 1) 0.05 < S < 100: cette région nécessite des études complémentaires;
- 2) 1000 ns pour $S \ge 100$.

La spécification qui en résulte est résumée à la figure 1/G.812.



Remarque — Pour mesurer les variations à long terme, il est suggéré d'utiliser un filtre passe-bas d'affaiblissement 20 dB/dec et de fréquence de coupure 10 Hz.

FIGURE 1/G.812

Erreur relative maximale admissible sur la durée (ERMSD) due aux variations de phase à long terme en fonction de la durée d'observation S pour une horloge asservie en conditions de fonctionnement idéales

2.2.2 Fonctionnement en présence de contraintes

Cette catégorie d'exploitation reflète la performance effective d'une horloge compte tenu des répercussions des conditions réelles de fonctionnement (contraintes). Ces conditions englobent les effets de la gigue, des actions de commutation de protection et des paquets d'erreur. Il en résulte des dégradations du rythme qui seront analysées dans l'annexe A.

Les caractéristiques pour le fonctionnement en présence de contraintes sont à l'étude.

2.2.3 Fonctionnement en régime libre

Cette catégorie reflète la performance d'une horloge asservie dans les cas peu fréquents où il y a perte du signal de référence pendant une durée significative.

L'ERMSD (voir le § 1.2 et la Recommandation G.811) à la sortie d'une horloge asservie ne devrait pas dépasser les limites provisoires suivantes pendant une durée quelconque de S secondes:

pour
$$S \ge 100$$
, ERMSD $(S) = (aS + 1/2 bS^2 + c)$ ns

les valeurs provisoirement proposées pour a, b et c sont, comme indiqué dans le tableau 1/G.812 (voir la remarque 5):

TABLEAU 1/G.812

	Horloge de nœud de transit a) (horloge de couche 2)	Horloge de nœud localé ^{a)} (horloge de couche 3)
a	0,5 (remarque 1)	10,0 (remarque 3)
b	$1,16 \times 10^{-5}$ (remarque 2)	2.3×10^{-4} (remarque 4)
c	1000 (remarque 6)	1000 (remarque 6)

a) Voir la Recommandation G.810 pour les définitions.

Remarque 1 - Correspond à un décalage de fréquence initial de 5×10^{-10} .

Remarque 2 - Correspond à une dérive de fréquence de 1×10^{-9} jour.

Remarque 3 - Correspond à un décalage de fréquence initial de 1×10^{-8} .

Remarque 4 - Correspond à une dérive de fréquence de 2×10^{-8} /jour.

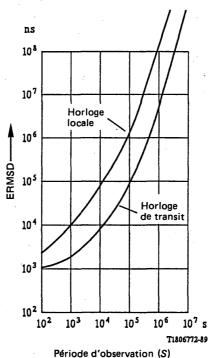
Remarque 5 — Effets de la température: les effets des changements de la température ambiante sur la performance d'une horloge asservie en régime libre de fonctionnement demandent un complément d'étude.

Remarque 6 — Compte tenu de toute ERMSD qui peut avoir existé au début du fonctionnement en régime libre des effets de reconfiguration interne, etc., dans l'horloge (et, le cas échéant, dans la distribution de rythme). En tout cas, un passage sans heurts entre «idéal» et «libre» est stipulé.

La spécification globale résultante est résumée sur la figure 2/G.812.

2.3 Variations de phase à court terme

Il existe des applications d'horloge dans lesquelles on trouve des composantes d'instabilité de phase haute fréquence. La variation de phase maximale admissible à court terme d'une horloge asservie occasionnée par la gigue est à l'étude.



Période d'observation (S)

FIGURE 2/G.812

Erreur relative maximale admissible sur la durée (ERMSD) due aux variations de phase à long terme, en fonction de la durée d'observation S pour une horloge asservie en régime libre

ANNEXE A

(à la Recommandation G.812)

Caractéristiques de stabilité de phase d'une horloge asservie

A.1 Le modèle d'horloge asservie est décrit par l'équation suivante:

$$x(t) = y_{\text{bias}} \cdot t + \left(\frac{D}{2}\right) t^2 + e_{\text{mp}}(t) + \int_{\tau=0}^{\tau=t} e_{\text{mf}}(\tau) d\tau$$

dans laquelle:

x(t)est la phase de sortie (en fonction du temps) par rapport à l'entrée de référence (dimension: temps);

est un décalage de fréquence relatif résiduel qui peut survenir à la suite d'interruptions sur ybias l'entrée de référence (sans dimensions);

- D est la dérive linéaire de fréquence lorsque l'horloge est en régime libre (dimension 1/temps);
- $e_{mp}(t)$ est une composante de modulation de phase (MP) de bruit blanc associée à l'instabilité de l'horloge à court terme (dimension d'un temps);
- e_{mf}(τ) est une composante de modulation de fréquence (MF) relative de bruit blanc associée au processus d'interruption du signal de référence (sans dimensions).

On comprendra mieux le modèle d'horloge en considérant les trois catégories de fonctionnement des horloges:

- fonctionnement idéal;
- fonctionnement en présence de contraintes;
- fonctionnement en régime libre.

A.1.1 Fonctionnement idéal

Pour de brèves périodes d'observation inférieures à la constante de temps de la boucle à asservissement de phase, la stabilité du signal de sortie de la base de temps est déterminée par la stabilité à court terme de l'oscillateur local. En l'absence d'interruptions du signal de référence, la stabilité du signal de sortie prend l'allure asymptotique d'un processus de bruit blanc de phase MP à mesure que la période d'observation s'allonge de manière à être comprise dans la constante de temps de la boucle d'asservissement de phase. On peut considérer le signal de sortie de l'horloge comme une superposition du bruit haute fréquence de l'oscillateur local et de la partie basse fréquence du signal de référence d'entrée. En fonctionnement avec asservissement de phase, le bruit haute fréquence doit être limité et, rendu invisible pour les longues périodes d'observation supérieures à la constante le temps de la boucle d'asservissement de phase.

Dans des conditions idéales, le seul paramètre du modèle à avoir une valeur différente de zéro est la composante du bruit blanc de phase MP.

A.1.2 Fonctionnement en présence de contraintes

En présence d'interruptions, la stabilité du signal de base de temps à la sortie se comporte comme un processus de bruit blanc de fréquence MF à mesure que la durée de la période d'observation s'allonge pour être comprise dans la constante de temps de la boucle à asservissement de phase. La présence d'un bruit blanc de fréquence MF peut être justifiée en se fondant sur le simple fait que, en général, les horloges de réseaux extraient du signal de référence de temps des intervalles de temps plutôt qu'un valeur absolue de temps. Toute interruption est, par nature, une brève période au cours de laquelle l'intervalle de temps de référence n'est pas disponible. Lorsque la référence est rétablie, il y a une certaine ambiguïté au sujet de la différence de temps effective entre l'horloge locale et l'horloge de référence. Selon la complexité du système de mise en phase de l'horloge, il peut se produire différents niveaux d'écart de phase résiduel à chaque interruption. Il y a une composante aléatoire indépendante de l'intervalle entre une interruption et la suivante ce qui introduit dans la phase un élément aléatoire et constitue de ce fait une source de bruit blanc de fréquence MF.

En sus de la composante de bruit blanc de fréquence MF, les interruptions peuvent effectivement entraîner un décalage de fréquence entre l'horloge locale et l'horloge de référence. Ce décalage de fréquence (y_{bias}) découle d'une déviation de l'asservissement de phase lors du rétablissement du signal de référence. Il s'agit là d'un point délicat. Cet effet a pour conséquence que, dans le cadre d'un réseau réel, on observe une certaine accumulation de décalages de fréquence sur une chaîne d'horloges. Ainsi, des horloges commandées par la même horloge de référence primaire fonctionnent en fait dans une certaine mesure en mode plésiochrone.

En résumé, en présence de contraintes, les paramètres non nuls du modèle d'horloge sont la composante de bruit blanc de fréquence MF (e_{mf}) et la composante de décalage de fréquence (y_{bias}). La catégorie de fonctionnement en présence de contraintes correspond à une caractérisation réaliste de ce qu'est le fonctionnement «normal» d'une horloge.

A.1.3 Fonctionnement en régime libre

En mode libre, les composantes essentielles du modèle d'horloge sont la dérive de fréquence (D) et le décalage initial de fréquence (y_{bias}). Le terme dérive rend compte du veillissement sensible associé aux oscillateurs à quartz. Le décalage initial de fréquence est associé à la conception intrinsèque de l'oscillateur local.

A.2 Relation entre le modèle d'horloge asservie et la performance en matière de ETSD

Il est utile d'étudier la relation entre le modèle d'horloge et l'erreur de temps sur la durée ETSD prévisible. Il est proposé d'utiliser la variance d'Allan à deux échantillons pour décrire la partie stochastique du modèle d'horloge. Les équations suivantes s'appliquent aux trois catégories de fonctionnement:

Fonctionnement idéal

$$\sigma_{\text{ETSD}} = \sqrt{3\sigma_{\tau}^2 (\tau = t) \cdot t}$$

Fonctionnement en présence de contraintes

$$\sigma_{\text{ETSD}} = \sqrt{\sigma_{\text{bias}}^2 + \sigma_{\text{t}}^2 (\tau = t) \cdot t}$$

Fonctionnement en régime libre

$$\sigma_{\text{ETSD}} = \left(\frac{D}{2}\right) t^2 + \sqrt{\sigma_{\text{bias}}^2 + \sigma_{\text{r}}^2 (\tau = t) \cdot t}$$

dans lesquelles:

 σ_{ETSD} est l'écart type de l'erreur relative sur la durée pour le signal de sortie de l'horloge comparé au signal de référence pendant le temps d'observation t;

σ, (τ) est la variance à deux échantillons qui décrit la fluctuation aléatoire de l'horloge;

 σ_{bias} décrit la variance à deux échantillons de la fréquence biaisée.

A.3 Directives concernant la mesure de la gigue et du dérapage

La vérification de la conformité avec les spécifications de la gigue et du dérapage nécessite des méthodologies de mesure normalisées pour éliminer les ambiguïtés dans les mesures et dans l'interprétation et la comparaison des résultats de mesure. Le supplément n° 35 contient des suggestions quant à la mesure de la gigue et du dérapage.

8.2 Objectifs de qualité et de disponibilité

Recommandation G.821

PERFORMANCE D'ERREUR SUR UNE COMMUNICATION NUMÉRIQUE INTERNATIONALE FAISANT PARTIE D'UN RÉSEAU NUMÉRIQUE AVEC INTÉGRATION DES SERVICES

(Genève, 1980: modifiée par la suite)

Le CCITT,

considérant

- (a) qu'à l'avenir, il est probable que les services seront fondés sur le principe d'un réseau numérique avec intégration des services (RNIS);
- (b) que les erreurs constituent une source essentielle de dégradation: elles affectent les services téléphoniques sous forme de distorsion de la parole et les services de communication de données sous forme de perte ou de mutilation de l'information ou sous forme de diminution du débit;

- (c) que les services téléphoniques seront probablement utilisés de façon prédominante, mais que le RNIS devra assurer une grande variété de services, et qu'il est souhaitable par conséquent d'avoir une spécification unique;
- (d) que la Recommandation G.102 explique les objectifs de qualité de fonctionnement du réseau et leurs relations avec les objectifs de conception,

recommande

de respecter les spécifications du tableau 1/G.821 et des paragraphes suivants, compte tenu de la portée et des définitions exposées ci-dessous.

1 Portée et définitions

- 1.1 Les objectifs de qualité sont spécifiés pour chaque sens d'une communication à commutation de circuits à 64 kbit/s dans le cas du trafic téléphonique et pour une «voie support» dans le cas de services de communication de données.
- 1.2 La Recommandation I.325 donne des configurations de référence pour les types de connexion RNIS énumérés dans la Recommandation I.340. En ce qui concerne la performance en matière d'erreur pour une communication à commutation de circuits à 64 kbit/s et l'allocation correspondante aux différents éléments constitutifs, une configuration fictive de référence entièrement numérique est représentée par la figure 1/G.821. Cette configuration, d'une longueur totale de 27 500 km, est dérivée de la configuration fictive de référence normalisée représentée par la figure 1/G.801 et de la configuration de référence représentée par la figure 3/I.325.
- 1.3 L'objectif de qualité est exprimé sous la forme de paramètres relatifs à la performance d'erreur dont chacun est défini comme suit:

Pourcentage des périodes de mesure de durée T_0 chacune pendant lesquelles le taux d'erreur dépasse une valeur de seuil. Le pourcentage est calculé à partir d'un intervalle de temps T_L beaucoup plus long que la durée T_0 (voir la remarque 3 relative au tableau 1/G.821).

Il convient de noter que le temps total (T_L) est partagé en deux parties, à savoir le temps pendant lequel la connexion est jugée disponible et celui pendant lequel elle est indisponible (voir l'annexe A).

Les caractéristiques relatives au pourcentage admissible de temps d'indisponibilité feront l'objet d'une Recommandation distincte.

- 1.4 Les taux d'erreur sur les bits (TEB) et intervalles de temps suivants sont utilisés dans l'énoncé des objectifs:
 - a) un TEB de moins de $1 \cdot 10^{-6}$ pour $T_0 = 1$ minute;
 - b) un TEB de moins de $1 \cdot 10^{-3}$ pour $T_0 = 1$ seconde;
 - c) aucune erreur pour $T_0 = 1$ seconde [équivaut à la notion de secondes sans erreur (SSE)].

Ces catégories équivalent à celles du tableau 1/G.821. Dans l'évaluation de ces objectifs, les périodes d'indisponibilité sont exclues (voir les annexes A et B).

- 1.5 L'application des objectifs de qualité vise à l'exécution de deux fonctions principales:
 - a) donner à l'usager des futurs réseaux numériques nationaux et internationaux une indication des performances d'erreur auxquelles on peut s'attendre dans les conditions d'exploitation réelles, ce qui facilite la planification des services et la conception des équipements terminaux;
 - b) définir des spécifications de base pour l'établissement de normes de qualité à l'intention des équipements et systèmes de transmission mis en œuvre dans une communication établie dans le RNIS.
- 1.6 Les objectifs de qualité représentent un compromis entre le désir de répondre aux besoins de service et la nécessité de réaliser les systèmes de transmission en tenant compte des contraintes économiques et techniques. Bien qu'ils soient exprimés de deux manières pour répondre aux besoins de services différents, ces objectifs sont censés représenter un degré unique de qualité de transmission.

L'objectif de qualité pour les minutes dégradées [voir le tableau 1/G.821(a)] est basé, comme indiqué, sur une durée de mesure de 1 minute. Cette durée de mesure courte, ainsi que l'exclusion d'erreurs survenant lors des secondes qui, pendant cette minute, contiennent un grand nombre d'erreurs [voir le tableau 1/G.821(b)], remarque 2), peut faire que des communications qui sont sujettes à de fréquentes rafales d'erreurs soient conformes à cette partie particulière de l'objectif d'ensemble, mais de tels cas seront dans une certaine mesure limités par l'objectif des secondes gravement erronées [voir le tableau 1/G.821(b)]. Cependant, on n'est pas tout à fait certain que ces objectifs permettent le fonctionnement satisfaisant des services vidéo en temps réel ayant des temps d'occupation relativement longs, et cela fait l'objet d'un complément d'étude.

1.7 Etant donné que les objectifs de qualité sont censés satisfaire les besoins du futur réseau numérique, force est de reconnaître qu'ils ne peuvent pas être atteints facilement avec tous les équipements et systèmes numériques utilisés actuellement. Toutefois, le but est de spécifier, pour les équipements, des objectifs de conception qui soient compatibles avec les objectifs énoncés dans la présente Recommandation. Ces problèmes sont actuellement à l'étude au CCITT et au CCIR.

Par ailleurs, il est vivement recommandé que tous les éléments technologiques, partout où ils sont mis en œuvre dans le réseau, soient conçus de préférence selon des normes plus élevées que celles indiquées ici; le but étant de réduire le plus possible les cas de dépassement des objectifs de bout en bout sur un nombre significatif de communications réelles.

1.8 Les objectifs s'appliquent à une communication de très grande longueur. Etant donné qu'une proportion importante des communications internationales réelles seront plus courtes, on peut prévoir qu'un pourcentage non négligeable de communications réelles offriront une qualité supérieure à la valeur limite indiquée au § 2. D'un autre côté, un petit pourcentage des communications seront plus longues et pourront, de ce fait, dépasser les allocations spécifiées dans la présente Recommandation.

Remarque — Les glissements contrôlés qui peuvent être perçus comme de courts paquets d'erreurs ne sont pas inclus dans les calculs des objectifs de performance d'erreur dont traite la présente Recommandation. C'est pourquoi les usagers se souviendront que les mesures de performance d'erreur qui comprennent les effets des glissements contrôlés peuvent conduire à une moins bonne performance que ne l'indiquerait la présente Recommandation. Les usagers se reporteront à la Recommandation G.822, qui spécifie les objectifs de taux de glissement contrôlé, en vue d'évaluer les effets possibles de ces glissements sur leurs applications.

1.9 Les objectifs de performance d'erreur décrits en détail aux § 2 et 3 de la présente Recommandation s'appliquent à une communication à commutation de circuits à 64 kbit/s (comme indiqué au § 1.2). Toutefois, il est reconu que dans la pratique, ces objectifs devront être évalués à partir de mesures faites à des débits binaires supérieurs.

En conséquence, l'annexe D définit des directives préliminaires permettant d'obtenir des renseignements sur les paramètres relatifs à la performance d'erreur à 64 kbit/s, à partir de mesures faites à des débits binaires primaires et supérieurs.

2 Objectifs de qualité

Les objectifs de qualité sont indiqués dans le tableau 1/G.821 pour des communications internationales établies sur un RNIS et conformes aux définitions respectivement données aux § 1.1 et 1.2. Le but est de faire en sorte que les communications internationales établies sur un RNIS satisfassent simultanément à toutes les conditions indiquées dans le tableau 1/G.821. Une communication ne satisfait pas à l'objectif si l'une quelconque de ces conditions n'est pas remplie.

3 Répartition des objectifs globaux

Etant donné que les objectifs énoncés au § 2 se rapportent à l'ensemble d'une communication, il est nécessaire de les subdiviser entre les parties constitutives de la communication. Le présent paragraphe expose les principes et la stratégie de base à appliquer pour cette répartition des objectifs globaux.

Pour ce faire, on applique deux principes de répartition légèrement différents, selon qu'il s'agit des minutes dégradées et du nombre de secondes erronées [voir les catégories de classification a) et c)], ou le nombre de secondes gravement erronées [voir la catégorie b)].

TABLEAU 1/G.821

Objectifs de performance d'erreur pour des communications internationales établies sur un RNIS

Classification de qualité	Objectif (remarques 3 et 5)
(a) (Minutes dégradées) (remarques 1 et 2)	Moins de 10% d'intervalles de 1 minute ayant un taux d'erreur sur les bits pire que $1 \cdot 10^{-6}$ (remarque 4)
(b) (Secondes gravement erronées) (remarque 1)	Moins de 0,2% d'intervalles de 1 seconde ayant un taux d'erreur sur les bits pire que $1 \cdot 10^{-3}$
(c) (Secondes erronées) (remarque 1)	Moins de 8% d'intervalles de 1 seconde comportant au moins une erreur (équivaut à 92% de secondes sans erreur)

Remarque 1 — Les expressions «minutes dégradées», «secondes gravement erronées», et «secondes erronées» sont utilisées pour désigner des objectifs de qualité d'une manière pratique et concise. Elles n'impliquent pas que le niveau en question soit acceptable ou non.

Remarque 2 — On obtient les intervalles de 1 minute mentionnés dans le tableau 1/G.821 et dans les remarques (c'est-à-dire les périodes de temps pour M>4 dans l'annexe B) en retranchant du temps total le temps d'indisponibilité et les secondes gravement erronées puis en groupant consécutivement les secondes restantes en blocs de 60. Les intervalles de base de 1 seconde sont obtenus à partir d'une base de temps fixe.

Remarque 3 — Le laps de temps T_L sur lequel les pourcentages doivent être établis n'a pas été spécifié étant donné que la période peut dépendre de l'application. Une période de l'ordre de 1 mois a été suggérée à titre indicatif.

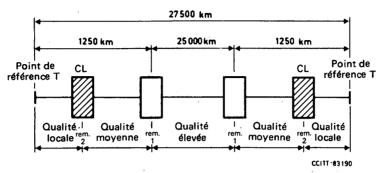
Remarque 4 — Pour des raisons pratiques, à 64 kbit/s, une minute qui contient 4 erreurs (équivalant à un taux d'erreur de $1,04 \cdot 10^{-6}$) n'est pas considérée comme dégradée. Toutefois, cela ne veut pas dire qu'il faille s'écarter de l'objectif d'un taux d'erreur de $1 \cdot 10^{-6}$.

Remarque 5 - L'annexe B indique la marche à suivre pour l'évaluation de la qualité globale.

3.1 Principes fondamentaux pour la répartition

Pour effectuer cette répartition, on suppose l'utilisation de systèmes de transmission dont les qualités peuvent être rangées dans un petit nombre de classes différentes.

On a défini trois classes de qualité distinctes, qui sont représentatives des circuits numériques réels et indépendantes des systèmes de transmission utilisés, à savoir la qualité locale, la qualité moyenne et la qualité élevée; en règle générale, on a tendance à utiliser ces classes de qualité en fonction de la position du point que l'on considère dans le réseau (voir la figure 1/G.821).



Remarque 1 — Il n'est pas possible de définir avec exactitude où se trouve la limite entre les sections à qualité moyenne et les sections à qualité élevée de la communication fictive de référence. Pour plus de précisions sur la définition de ce point, voir la remarque 4 du tableau 2/G.821.

Remarque 2 — CL indique un commutateur local ou un point équivalent.

FIGURE 1/G.821

Répartition des qualités de circuit sur la communication fictive de référence la plus longue

Les principes de répartition sont fondés sur les hypothèses générales suivantes:

- dans la répartition des objectifs entre les éléments constitutifs d'une communication, la subdivision porte sur le «pourcentage de temps»;
- les objectifs relatifs aux minutes dégradées et aux secondes erronées [catégories de classification a) et c)] sont répartis de la même façon;
- la valeur de seuil du taux d'erreur n'est pas subdivisée. Cette absence de subdivision repose sur l'hypothèse que la qualité de fonctionnement des circuits réels constituant les différentes parties de la communication fictive de référence (figure 1/G.821) sera normalement sensiblement supérieure à la valeur de seuil correspondant aux minutes dégradées (voir la remarque relative au § 3.1);
- il n'est pas tenu compte des erreurs introduites par les organes de commutation numériques ou par les équipements de multiplexage numériques, car le nombre de ces erreurs est négligeable par rapport à la contribution des systèmes de transmission.

On considère que cette classification de qualité pour les différentes parties d'une communication est représentative de la situation qui existe pour un grand pourcentage de communications internationales réelles. Les Administrations sont libres d'utiliser dans leur réseau tous systèmes de transmission qui ont leur préférence; de tels arrangements sont parfaitement acceptables, pourvu que la qualité globale de la section nationale ne soit pas inférieure à celle qu'on aurait obtenue en appliquant les arrangements normalisés par le CCITT.

Il y a lieu de noter qu'un petit pourcentage de communications auront une longueur supérieure à celle de la communication fictive de référence (27 500 km). Par définition, la longueur de communication excédentaire sera établie sur des circuits de haute qualité; cela étant, la quantité dont ces communications dépassent l'allocation totale spécifiée dans la présente Recommandation sera proportionnelle au dépassement de longueur par rapport à la section de 25 000 km. Il est signalé aux Administrations que le nombre de ces cas pourrait être notablement réduit si les limites de qualité, dans les diverses classifications, pouvaient être améliorées dans la mise en œuvre pratique.

Remarque — Pour les systèmes terrestres, la répartition de la classification de qualité «minute dégradée» entre des éléments plus petits (section numérique fictive de référence, par exemple) peut nécessiter une subdivision de l'objectif de taux d'erreur et du «pourcentage de temps», en fonction de la distance. Cette question fait l'objet d'un complément d'étude.

3.2 Méthode de répartition pour les minutes dégradées et les secondes erronées

Le tableau 2/G.821 indique la répartition des dégradations admissibles, soit 10% des minutes dégradées et 8% des secondes erronées. Les objectifs de qualité correspondants pour le réseau sont donnés dans l'annexe C.

TABLEAU 2/G.821

Répartition des objectifs pour les minutes dégradées et les secondes erronées pour les trois catégories de circuit

Classification des circuits	Répartition des objectifs du tableau 1/G.821 pour les minutes dégradées et pour les secondes erronées
Qualité locale (2 extrémités)	Allocation globale de 15% à chaque extrémité (remarques 1, 4 et 5)
Qualité moyenne (2 extrémités)	Allocation globale de 15% à chaque extrémité (remarques 2, 4 et 5)
Qualité élevée	40% (équivalant à la qualité théorique de 0,0016% par kilomètre sur 25 000 km; voir la remarque relative au § 3.1) (remarques 3, 6 et 7)

Remarque 1 — Pour la qualité locale, l'attribution est considérée comme une allocation globale, c'est-à-dire une allocation pour cette partie de la communication, quelle que soit la longueur.

Remarque 2 — Pour la qualité moyenne, l'attribution est considérée comme une allocation globale, c'est-à-dire une allocation pour cette partie de la communication, quelle que soit la longueur. La longueur effective de la partie de la communication de qualité moyenne varie considérablement d'un pays à un autre. Les systèmes de transmission de cette catégorie accusent des variations de qualité qui sont intermédiaires entre les autres catégories.

Remarque 3 — Pour les circuits de haute qualité, l'attribution est subdivisée en fonction de la longueur, donnant une attribution théorique par kilomètre dont on peut déduire une attribution globale pour un modèle de réseau particulier (par exemple, liaison numérique fictive de référence). Pour la planification pratique des liaisons dans les modèles de réseaux, des attributions fondées sur le nombre des sections d'une longueur nominale de 280 km (comme il est spécifié dans le tableau 2/G.921) peuvent être utilisées au lieu de l'attribution par km spécifiée dans la présente Recommandation. Pour les sections dont les longueurs dépassent 280 km et ne sont pas des multiples entiers de 280 km, on utilisera le multiple entier supérieur le plus proche de la longueur réelle.

Remarque 4 — Les parties à qualité locale et qualité moyenne sont censées couvrir les 1250 premiers kilomètres du circuit dans le réseau à partir du point de référence T (voir la figure 1/G.821). Par exemple, dans les pays très étendus cette partie du circuit peut aller seulement jusqu'au centre primaire, alors que dans des pays moins étendus elle peut atteindre le centre secondaire, le centre tertiaire ou le centre de commutation international (voir la figure 1/G.821).

Remarque 5 — Les Administrations peuvent agir en fonction des besoins pour répartir les allocations globales relatives aux parties à qualité locale et à qualité moyenne, dans la limite de l'allocation totale de 30% pour l'une quelconque des extrémités de la communication. Ce principe s'applique également aux objectifs indiqués dans le tableau 3/G.821 pour les qualités locale et moyenne.

Remarque 6 — Les performances d'erreur des systèmes à satellites sont pratiquement indépendants de la distance. En conséquence, une allocation globale de 20% des objectifs admissibles (minutes dégradées et secondes erronées) est attribuée à un conduit numérique fictif de référence par satellite utilisé dans la partie à qualité élevée de la communication fictive de référence.

Remarque 7 — Les objectifs énoncés dans la présente Recommandation peuvent être dépassés si la partie à qualité élevée d'une communication contient un système à satellites et si la distance restante dans cette catégorie est supérieure à 12 500 km, ou si la partie à qualité élevée d'une communication sans satellite a une longueur supérieure à 25 000 km. On estime que les communications de ce genre seront en nombre relativement restreint; des études sont en cours sur ce point. La notion de distance équivalente par satellite (longueur d'un trajet de terre équivalent) est utile à ce point de vue; on peut s'attendre à une valeur comprise entre 10 000 et 13 000 km.

Remarque 8 — Aucune condition particulière n'est indiquée pour l'installation dans les locaux de l'abonné entre le point de référence T et l'équipement terminal. Il convient cependant de veiller soigneusement au choix de l'équipement d'abonné car la qualité globale de la connexion dépend dans une grande mesure non seulement de la performance du réseau, mais aussi de la qualité de l'installation terminale.

3.3 Méthode de répartition pour les secondes sévèrement erronées

La marge totale de 0,2% attribuée pour les secondes gravement erronées se subdivise comme suit entre les différentes catégories de circuits à qualité locale, moyenne ou élevée):

a) 0,1% est réparti entre les trois catégories dans les mêmes proportions que pour les deux autres objectifs. La répartition ainsi obtenue est indiquée dans le tableau 3/G.821.

TABLEAU 3/G.821

Répartition des secondes gravement erronées

Classification des circuits	Répartition des objectifs relatifs aux secondes gravement erronées
Qualité locale	Allocation globale de 0,015% à chaque extrémité (remarque 5 du tableau 2/G.821)
Qualité moyenne	Allocation globale de 0,015% à chaque extrémité (remarque 5 du tableau 2/G.821)
Qualité élevée	0,04% (remarques 1 et 2)

Remarque 1 — Dans les systèmes de transmission appartenant à la catégorie qualité élevée, la contribution de chaque portion de 2500 km ne peut dépasser 0,004%.

Remarque 2 — Dans le cas d'un conduit numérique fictif de référence d'un satellite fonctionnant dans la catégorie qualité élevée, il y a une attribution globale de 0,02% de secondes sévèrement erronées (voir la remarque 6 du tableau 2/G.821).

- b) Le 0,1% restant est une tolérance globale attribuée aux catégories qualité moyenne et qualité élevée en prévision de conditions de fonctionnement difficiles dans le réseau, qui peuvent survenir occasionnel-lement (mois le plus défavorable de l'année) sur les systèmes de transmission. En raison de la nature statistique des effets du mois le plus défavorable dans une communication internationale, on estime que les tolérances suivantes sont compatibles avec le pourcentage total de 0,1%:
 - attribution d'un pourcentage de 0,05% à un conduit numérique fictif de référence de 2500 km pour des faisceaux hertziens pouvant être utilisés sur les sections qualité élevée et qualité movenne de la communication;
 - attribution d'un pourcentage de 0,01% à un conduit numérique fictif de référence par satellite (le CCIR poursuit actuellement ses études sur le sujet des secondes gravement erronées pour les systèmes à satellite; il faudra peut-être en définitive augmenter cette valeur).

ANNEXE A

(à la Recommandation G.821)

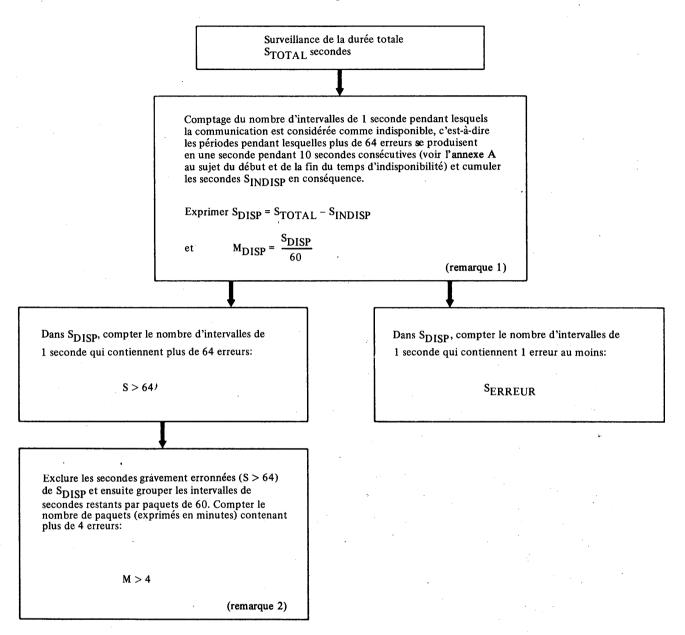
Temps de disponibilité et d'indisponibilité

Une période de temps d'indisponibilité commence lorsque le TEB est moins bon que 1 · 10⁻³ pendant chaque seconde d'une période de 10 secondes consécutives. On considère que ces 10 secondes appartiennent au temps d'indisponibilité. Une nouvelle période de temps de disponibilité commence avec la première seconde d'une période de 10 secondes consécutives pendant lesquelles le TEB est meilleur que 10⁻³ pour chaque seconde.

On trouvera des définitions de la disponibilité dans la série des Recommandations E.800.

(à la Recommandation G.821)

Directives concernant l'interprétation du tableau 1/G.821



Remarque 1 - Résultat arrondi au nombre entier supérieur.

Remarque 2 – Le dernier paquet qui peut être incomplet est traité comme s'il s'agissait d'un paquet complet, les mêmes règles étant appliquées.

Classification de qualité (voir le tableau 1/G.821)	Objectifs
(a)	$\frac{M > 4}{M_{DISP}} < 10\%$
(b)	$\frac{S > 64}{S_{DISP}} < 0.2\%$
(c)	$\frac{S_{\text{ERREUR}}}{S_{\text{DISP}}} < 8\%$

CCITT - 85690

ANNEXE C

(à la Recommandation G.821)

Répartition des objectifs entre les parties constitutives des communications

TABLEAU C-1/G.821

Répartition des objectifs: pourcentages d'intervalles de minutes dégradées et de secondes erronées

Classification des circuits	Objectifs de qualité du réseau à 64 kbit/s					
(voir la figure 1/G.821)	Pourcentage des minutes dégradées	Pourcentage des secondes erronées				
Qualité locale	1,5	1,2				
Qualité moyenne	1,5	1,2				
Qualité élevée	4,0	3,2				

ANNEXE D

(à la Recommandation G.821)

Directives préliminaires pour l'évaluation de la performance de systèmes fonctionnant à des débits binaires élevés

D.1 Directives provisoires

Reconnaissant la nécessité de directives provisoires, nous proposons les équations ci-après sans attendre les résultats d'un complément d'étude. Ces formules peuvent être utilisées pour obtenir une estimation normalisée (à 64 kbit/s, conformément aux paramètres cités dans la présente Recommandation) de la performance d'erreur. Il convient de noter que la mesure n'est valable qu'au débit binaire auquel elle est effectuée; cela concerne en particulier certains types de distribution de paquets d'erreurs. Par conséquent, une évaluation de la performance d'erreur d'un système effectuée au moyen de ces formules ne constitue pas une assurance de *conformité* avec la présente Recommandation.

Pour évaluer la performance d'erreur normalisée à 64 kbit/s exprimée en:

- pourcentage de secondes erronées;
- pourcentage de minutes dégradées;
- pourcentage de secondes gravement erronées;

à partir des mesures de la performance d'erreur effectuées à des débits binaires primaires et supérieurs, on dispose des formules provisoires suivantes.

D.1.1 Secondes erronées

On obtient le pourcentage de secondes erronées normalisé à 64 kbit/s à l'aide de la formule:

$$\frac{1}{j} \sum_{i=1}^{i=j} \left(\frac{n}{N}\right)_{i} \times (100\%)$$

où:

- i) n est le nombre d'erreurs pendant la rème seconde au débit binaire auquel les mesures sont effectuées;
- ii) N est le débit binaire supérieur divisé par 64 kbit/s;

- iii) $j = \text{nombre entier de périodes de 1 seconde (à l'exclusion du temps d'indisponibilité) qui contient toute la période de mesure;$
- iv) le rapport $\left(\frac{n}{N}\right)_i$ pour la *i*ème seconde est:

$$\frac{n}{N}$$
, si $0 < n < N$, ou

1. si $n \ge N$

D.1.2 Minutes dégradées (voir la remarque 1)

Le pourcentage de minutes dégradées normalisé à 64 kbit/s peut être obtenu directement à partir des mesures effectuées à des débits binaires primaires et supérieurs: X% de minutes dégradées aux débits binaires primaires ou supérieurs donne X% de minutes dégradées à 64 kbit/s.

D.1.3 Secondes gravement erronées (voir la remarque 1)

Le pourcentage de secondes gravement erronées normalisé à 64 kbit/s peut être évalué à partir de mesures effectuées à des débits binaires primaires et supérieurs; il est donné par la formule:

$$Y\% + Z\%$$

οù

- Y est le pourcentage de secondes gravement erronées comportant un taux d'erreur excessif au débit binaire auquel les mesures sont effectuées; et
- Z est le pourcentage de secondes ne comportant pas un taux d'erreur excessif au débit binaire auquel les mesures sont effectuées mais qui comporte une ou plusieurs pertes de verrouillage de trame à ce même débit.

Remarque 1 — Le calcul du taux d'erreur sur les bits au débit binaire auquel les mesures sont effectuées (par exemple, 10^{-6} pour les minutes dégradées) aboutira parfois à des valeurs d'erreur non entières pour la période d'intégration. Pour fixer les idées, on considère que le nombre entier d'erreurs immédiatement supérieur à la valeur calculée dépasse le seuil de l'objectif de qualité (par exemple, si on a 123 erreurs par minute pour un débit binaire de 2048 kbit/s, donnant un TEB moins bon que 10^{-6} , on considère qu'il s'agit d'une minute dégradée).

Remarque 2 - Pour assurer l'exploitation satisfaisante:

- des services fonctionnant à des débits binaire élevés (télévision, par exemple);
- des services fonctionnant à 64 kbit/s;

il est nécessaire de déterminer les caractéristiques de qualité requises pour les systèmes fonctionnant à des débits binaires élevés (c'est-à-dire supérieurs à 64 kbit/s). Bien qu'on ne sache pas exactement quels sont, parmi ces services, ceux qui ont les exigences les plus grandes en matière de qualité, il apparaît nécessaire, pour les uns comme les autres, de déterminer les caractéristiques de qualité requises pour les systèmes fonctionnant à des débits binaires élevés, soit en utilisant une période d'intégration beaucoup plus courte qu'une seconde, soit en appliquant des limites plus strictes pour les secondes gravement erronées.

Pour les services à 64 kbit/s, le besoin de périodes d'intégration plus courtes ou de limites plus strictes, provient du fonctionnement de l'équipement de démultiplexage, en particulier, en ce qui concerne les processus de reprise de trame ou de commande de justification en présence de paquets d'erreurs d'une durée très inférieure à 1 seconde. par exemple, des erreurs qui n'entraînent pas de secondes gravement erronées à des débits binaires supérieurs à 64 kbit/s peuvent donner lieu, à 64 kbit/s, à des effets qui, du fait de la perte du verrouillage de trame dans les multiplexeurs d'ordre plus élevé, conduisent à des secondes gravement erronées.

Référence

[1] Recommandation du CCITT Objectifs et recommandations pour la qualité de transmission, tome III, Rec. G.102.

OBJECTIFS DE LIMITATION DU TAUX DE GLISSEMENT COMMANDÉ. DANS UNE COMMUNICATION NUMÉRIQUE INTERNATIONALE

(Genève, 1980; modifiée par la suite)

1 Considérations générales

La présente Recommandation spécifie les objectifs en matière de limitation du taux de glissement commandé des octets dans les communications numériques internationales à 64 kbit/s. Les objectifs présentés concernent diverses conditions d'exploitation par rapport à l'évaluation subjective de la qualité des communications.

Dans les conditions de fonctionnement nominales des nœuds de réseaux numériques et dans la limite des caractéristiques de transmission normales, on peut admettre qu'il n'y a aucun glissement dans un réseau numérique synchronisé. Cependant, les caractéristiques de transmission définies peuvent être dépassées dans la pratique et il peut en résulter l'apparition d'un petit nombre de glissements, même dans un réseau synchronisé.

En cas de perte temporaire de commande du rythme dans un réseau synchronisé donné, d'autres glissements risquent de se manifester, entraînant un plus grand nombre de glissements dans une communication de poste à poste.

En cas de fonctionnement plésiochrone, le nombre de glissements sur les liaisons internationales est fonction de la capacité des mémoires-tampons et de la précision ainsi que de la stabilité des horloges nationales d'interconnexion.

2 Portée et considérations

- 2.1 Les caractéristiques du taux de glissement de poste à poste doivent être conformes aux conditions requises pour les services téléphoniques et non téléphoniques, sur une communication numérique à 64 kbit/s établie dans un RNIS.
- 2.2 Les objectifs de taux de glissement pour une communication internationale de poste à poste sont définis par rapport à la communication numérique fictive de référence normalisée de la figure 1/G.801 [1], d'une longueur de 27 500 km.
- 2.3 On admet que les centres de commutation internationaux sont interconnectés par des liaisons internationales fonctionnant selon le mode plésiochrone et utilisant des horloges dont les précisions sont spécifiées à la Recommandation G.811. Il est reconnu que, compte tenu des précisions des horloges conformes à la Recommandation G.811 seulement et à condition que les caractéristiques de transmission et de commutation restent dans les limites fixées lors de la conception, la valeur théorique résultante du taux de glissement est de un glissement par période de 70 jours et par liaison plésiochrone.
- Dans le cas où la communication comprend la totalité des 13 nœuds identifiés dans la communication fictive de référence (G.801) et si ces nœuds fonctionnent tous ensemble en mode plésiochrone, le taux de glissement nominal d'une communication pourrait être de 1 glissement par période de 70/12 jours ou par période de 5,8 jours. Cependant, comme dans la pratique certains nœuds d'une communication de ce type feraient partie du même réseau synchronisé, un meilleur taux de glissement nominal peut être escompté (par exemple, lorsque les réseaux nationaux à chaque extrémité sont synchronisés. Le taux de glissement nominal de la communication serait alors de 1 glissement par période de 70/4 jours ou par période de 17,5 jours).

Remarque - Ces calculs supposent un maximum de 4 liaisons internationales.

- 2.5 Dans la pratique, sur une communication internationale de poste à poste, contenant à la fois des sections nationales et internationales, le taux de glissement peut notablement dépasser la valeur calculée pour *n* liaisons plésiochrones entre centres en raison des diverses conditions de conception, d'environnement et de fonctionnement rencontrées sur les sections internationales et sur les sections nationales, à savoir:
 - a) la configuration du réseau numérique international;
 - b) les dispositions prises au niveau national en matière de commande du rythme;
 - c) le dérapage dû à de très fortes variations de température;

- d) les caractéristiques de qualité de fonctionnement des divers types de commutateurs et des liens de transmission (y compris les variations diurnes des installations de satellites);
- e) des perturbations momentanées sur les liaisons de transmission et de synchronisation (réaménagement du réseau, système de protection à commutation automatique, défaillances humaines, etc.).

Remarque – Le nombre maximal n de liaisons plésiochrones entre centres est à l'étude.

2.6 Le seuil de taux de glissement constitue un bon compromis entre les caractéristiques de fonctionnement souhaitées et celles qui sont normalement réalisables. Au-delà de ce seuil, les niveaux de glissement conformes à la catégorie (b) (voir le tableau 1/G.822) commencent à influer sur la qualité de fonctionnement et peuvent faire que certains services soient considérés comme dégradés. Afin de s'assurer de l'évolution de la qualité de fonctionnement, on mesurera le taux de seuil pendant une période assez longue pour pouvoir enregistrer un nombre significatif de glissements. Une limite objective est définie pour le temps total de dépassement de ce seuil au cours d'une période d'un an. Les objectifs de qualité doivent constituer un ensemble de spécifications uniformes.

Le glissement est l'un des éléments qui contribuent à dégrader une communication numérique. Les objectifs en ce qui concerne le taux de glissement d'octets sur une communication internationale de 27 500 km de longueur ou sur une voie support correspondante sont donnés au tableau 1/G.822. Une étude complémentaire montrera si ces valeurs sont compatibles avec les autres objectifs, par exemple les caractéristiques de taux d'erreur énoncées dans la Recommandation G.821.

TABLEAU 1/G.822 Taux de glissement commandé sur une communication ou une voie support internationale à 64 kbit/s

Catégorie de qualité	Taux de glissement moyen	Proportion du temps (remarque 1)
(a) (remarque 2)	< 5 glissements par période de 24 heures	> 98,9%
(b)	 > 5 glissements par période de 24 heures et ≤ 30 glissements en 1 heure 	< 1,0%
(c)	> 30 glissements en 1 heure	< 0,1%

Remarque 1 - Temps total ≥ 1 an.

Remarque 2 — Le taux de glissement nominal imputable à la seule exploitation plésiochrone ne devrait pas normalement dépasser 1 glissement par période de 5,8 jours (voir le § 2.4).

3 Répartition des dégradations

- 3.1 La probabilité que plusieurs sections du réseau subissent des glissements excessifs influant simultanément sur une communication quelconque, est faible. On tiendra compte de cette considération dans le processus de répartition.
- 3.2 L'incidence des glissements qui se produisent dans les différentes parties d'une communication varie selon le type de service et le niveau de trafic affecté; il convient donc, lors de la répartition, de spécifier des limites plus strictes pour les glissements détectés aux centres de transit internationaux et nationaux et des limites moins rigoureuses au niveau des petits centraux locaux.
- 3.3 La méthode de répartition recommandée consiste à subdiviser le pourcentage des objectifs de temps pour les catégories de qualité (b) et (c) (voir le tableau 1/G.822). Le tableau 2/G.822 indique la répartition provisoire entre les différentes sections de la communication fictive de référence.

TABLEAU 2/G.822

Répartition des objectifs de taux de glissement commandé

Section de la communication fictive de référence d'après la	Proportion attribuée à chacun des objectifs du	Objectifs en proportion du temps total		
figure 1/G.801 [1]	tableau 1/G.822	(b)	(c)	
Section internationale de transit	8,0 %	0,08 %	0,008 %	
Chacune des sections nationales de transit (remarque 2)	6,0 %	0,06 %	0,006 %	
Chacune des sections locales (remarque 2)	40,0 %	0,4 %	0,04 %	

Remarque 1 — Les sections de la communication fictive de référence sont telles que définies dans la figure 1/G.822. Sans être identiques à celles de la Recommandation G.801, elles s'en inspirent.

Remarque 2 — La répartition entre la section nationale de transit et la section locale est donnée uniquement à titre indicatif. Les Administrations sont libres d'adopter une répartition différente, pour autant que le total de chaque section nationale (section locale plus section de transit) ne dépasse pas 46 %.

Remarque 3 - Les niveaux de qualité sont définis dans le tableau 1/G.822.

Remarque 4 - Temps total ≥ 1 an.

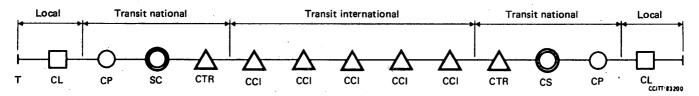


FIGURE 1/G.822

Subdivision de la communication fictive de référence aux fins de répartition des objectifs de taux de glissement

Référence

[1] Recommandation du CCITT Modèles de transmission numérique, tome III, Rec. G.801, figure 1/G.801.

Recommandation G.823

RÉGULATION DE LA GIGUE ET DU DÉRAPAGE DANS LES RÉSEAUX NUMÉRIQUES FONDÉS SUR LA HIÉRARCHIE À 2048 kbit/s

(Malaga-Torremolinos, 1984; modifiée à Melbourne, 1988)

Le CCITT,

considérant

(a) que la gigue, qui est définie comme les variations à court terme des instants significatifs d'un signal numérique, par rapport aux positions dans le temps qu'ils devraient théoriquement occuper, peut se produire dans les réseaux numériques;

- (b) que, faute de mesures appropriées. l'accumulation de la gigue peut, dans certaines circonstances, être telle que les dégradations suivantes peuvent se produire:
 - i) probabilité accrue d'introduction d'erreurs 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;
 - ii) introduction de glissements non contrôlés dans les signaux numériques par débordement des mémoires et épuisement de certains types d'équipements terminaux comportant des mémoires-tampons et des comparateurs de phase (réducteurs de gigue et certains équipements de multiplexage numérique, par exemple);
 - iii) dégradation des informations analogiques à codage numérique par suite de la modulation de phase des échantillons reconstitués dans le dispositif de conversion numérique-analogique à l'extrémité de la connexion;
- (c) que, contrairement à d'autres dégradations dans le réseau, il est possible de réduire l'amplitude de la gigue en utilisant des réducteurs de gigue. Selon la taille et la complexité des réseaux, il faut parfois employer des dispositifs de ce type;
- (d) que le dérapage, défini comme étant les variations à long terme des instants significatifs d'un signal numérique par rapport à leur position idéale dans le temps, peut se produire à la suite de modifications du temps de propagation sur les supports et équipements de transmission;
- (e) qu'il est nécessaire de tenir compte du dérapage aux entrées des équipements numériques si l'on veut réduire au minimum les glissements commandés ou non commandés,

recommande

d'appliquer les directives et les limites suivantes pour la planification des réseaux et la conception des équipements.

1 Régulation de la gigue dans les réseaux numériques — principe de base

La régulation de la gigue repose sur les critères suivants:

- nécessité de recommander pour le réseau une limite maximale ne devant être dépassée à aucune interface hiérarchique;
- nécessité de recommander un cadre cohérent pour la spécification des différents équipements numériques;
- nécessité de fournir aux organisations assez de renseignements et de directives pour leur permettre de mesurer et d'étudier l'accumulation de la gigue dans toutes les configurations de réseau.

2 Limites à la valeur maximale de la gigue de sortie et du dérapage à une interface quelconque de la hiérarchie du réseau

2.1 Limites de la gigue sur le réseau

Les limites indiquées dans le tableau 1/G.823 représentent les valeurs maximales admissibles de la gigue aux interfaces hiérarchiques dans un réseau numérique. Ces limites doivent être observées quels que soient les conditions d'exploitation et le nombre d'équipements précédant l'interface. Ces limites de réseau sont compatibles avec la tolérance minimale de gigue que les entrées des équipements doivent admettre.

Sur des réseaux en exploitation, il faut tenir compte du fait que la gigue des signaux aux interfaces peut atteindre la limite maximale admissible pour le réseau. On tiendra particulièrement compte de ce fait pour la conception d'équipements dotés de réducteurs de gigue, où il faudra tenir compte à la fois de cette gigue et de la gigue supplémentaire produite dans le système avant la mise en place du réducteur de gigue. Si l'amplitude de la gigue atteint le niveau maximum admissible à l'interface entre deux pays, il appartient aux Administrations nationales de prendre les mesures appropriées pour remédier à cette situation qui, précisons-le, n'est guère susceptible de se produire très fréquemment.

Les dispositifs de mesure de la gigue à la sortie d'une interface numérique sont représentés sur la figure 1/G.823. Les limites de gigue spécifiques et les valeurs des fréquences de coupure du filtre pour les différents niveaux hiérarchiques sont données au tableau 1/G.823. La réponse en fréquence des filtres utilisés avec l'appareil de mesure doit être à coupure progressive de 20 dB/décade. Un appareil d'essai approprié est décrit dans la Recommandation O.171.

TABLEAU 1/G.823

Gigue maximale admissible à une interface hiérarchique

Valeurs des paramètres	Limite d	lu réseau	Largeur de bande du filtre de mesure				
	Intervalle unitaire B ₁ de crête à crête	Intervalle unitaire B 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				
Débit binaire (kbit/s)	Crete a crete	crete a crete	fi	f_3	f ₄		
64 (remarque 1)	0,25	0,05	20 Hz	3 kHz	20 kHz		
2 048	1,5	0,2	20 Hz	18 kHz (700 Hz)	100 kHz		
8 448	1,5	0,2	20 Hz	3 kHz (80 kHz)	400 kHz		
34 368	1,5	0,15	100 Hz	10 kHz	800 kHz		
139 264	1,5	0,075	200 Hz	10 kHz	3500 kHz		

Remarque 1 - Pour l'interface codirectionnelle seulement.

Remarque 2 — Les valeurs de fréquence indiquées entre parenthèses ne s'appliquent qu'à certaines interfaces nationales.

Remarque 3 - Intervalle unitaire:

```
pour 64 kbit/s = 15,6 μs
pour 2048 kbit/s = 488 ns
pour 8448 kbit/s = 118 ns
pour 34 368 kbit/s = 29,1 ns
pour 139 264 kbit/s = 7,18 ns
```

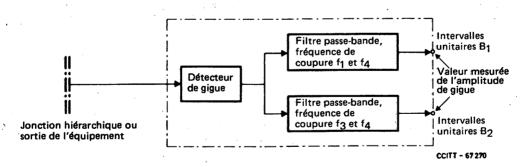


FIGURE 1/G.823

Dispositifs de mesure de la gigue de sortie d'une interface hiérarchique ou d'un équipement

Pour les systèmes dans lesquels le signal de sortie est commandé par une horloge autonome (par exemple un oscillateur à quartz), des valeurs plus strictes de gigue en sortie peuvent être définies dans les spécifications pertinentes relatives aux équipements (par exemple pour le muldex dans la Recommandation G.735, la valeur maximale de la gigue crête à crête en sortie est de 0,05 IU).

2.2 Limites du dérapage sur le réseau

Pour le réseau, une limite maximale du dérapage aux différentes interfaces hiérarchiques n'a pas été définie. Les valeurs réelles du dérapage, dépendant pour beaucoup des caractéristiques fondamentales de propagation des supports de transmission et du vieillissement des circuits d'horloge (voir le § 3 de la Recommandation G.811), peuvent être prévues. Des études ont montré que, si les entrées peuvent admettre un dérapage conforme aux caractéristiques de tolérance d'entrée du § 3.1.1, alors les glissements résultant d'un dépassement de la tolérance d'entrée seront rarement observés. Pour les interfaces avec les nœuds de réseau, on appliquera les limites suivantes.

Sur une période de S secondes, l'erreur relative maximale sur la durée (ERMSD) ne doit pas dépasser les valeurs suivantes:

- 1) $S < 10^4$; cette région nécessite un complément d'étude;
- 2) $(10^{-2} S + 10\,000)$ ns: pour les valeurs de S supérieures à 10^4 .

Remarque – La spécification générale qui en découle est représentée à la figure 2/G.823.

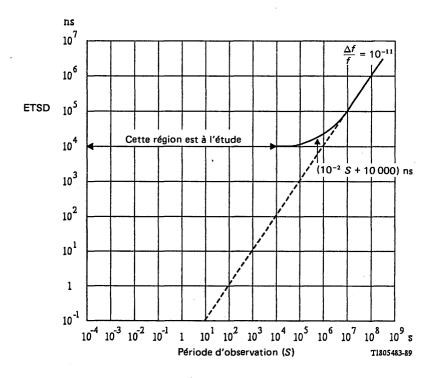


FIGURE 2/G.823

Erreur relative maximale admissible sur la durée (ERMSD) en fonction de la période d'observation S pour la sortie d'un nœud de réseau

2.3 Considérations de gigue et de dérapage sur les réseaux synchronisés

Il est admis que, dans un réseau synchronisé, l'équipement numérique installé aux nœuds peut faire face aux variations autorisées de courte durée des signaux de rythme ainsi qu'à la gigue et au dérapage provenant des installations de transmission; autrement dit, dans des conditions de synchronisation normales, il n'y aura pas de glissement. Il faut cependant reconnaître que, du fait de certaines dégradations de la qualité de fonctionnement, de certaines conditions de dérangement, d'opérations de maintenance ou autres événements, l'erreur relative (ETSD) sur la durée entre le signal d'entrée et le signal de rythme interne de l'équipement de terminaison peut dépasser la tolérance de dérapage et de gigue de l'équipement, ce qui se traduira par un glissement commandé.

Aux nœuds auxquels aboutissent des liaisons interconnectant des réseaux synchronisés de façon indépendante (ou dans le cas de réseaux nationaux fonctionnant selon le mode plésiochrone) l'erreur sur la durée relative entre le signal d'entrée et le signal de rythme interne de l'équipement de terminaison risque de dépasser la tolérance de dérapage et de gigue de l'équipement, auquel cas un glissement se produira. La valeur maximale admissible du taux de glissement moyen à long terme du glissement commandé résultant de ce mécanisme est donnée par la Recommandation G.811, soit un glissement en 70 jours.

3 Limites de gigue appropriées aux équipements numériques

3.1 Principe de spécification de base

Il convient de spécifier les caractéristiques de la gigue des différents équipements numériques à trois égards:

3.1.1 Tolérance de gigue et de dérapage des accès d'entrée numériques

Pour qu'un équipement puisse être connecté à une interface hiérarchique quelconque recommandée dans un réseau, les entrées de tous les équipements doivent pouvoir admettre des niveaux de gigue pouvant atteindre la limite maximale pour le réseau définie dans le tableau 1/G.823.

Pour faciliter les essais, la tolérance requise est définie en fonction de l'amplitude et de la fréquence de la gigue sinusoïdale qui, en cas de modulation d'une séquence d'essai, ne devrait pas provoquer de dégradation importante du fonctionnement de l'équipement. Il importe de bien saisir que la condition de l'essai n'est pas, en soi, censée être représentative du type de gigue rencontré dans la pratique dans un réseau. Néanmoins, l'essai garantit que le facteur (Q) lié au rétablissement du signal de rythme des circuits d'entrée de l'équipement n'est pas excessif et que, le cas échéant, des mémoires-tampons ont été prévues en nombre suffisant.

Toutes les entrées numériques des équipements devraient donc pouvoir tolérer un signal numérique ayant des caractéristiques électriques conformes aux spécifications de la Recommandation G.703, mais modulé par un dérapage et une gigue sinusoïdaux présentant le rapport amplitude-fréquence défini à la figure 3/G.823. Le tableau 2/G.823 indique les limites appropriées pour les différents niveaux hiérarchiques.

En principe, ces conditions doivent être remplies quel que soit le contenu d'information du signal numérique. Aux fins des essais, le contenu binaire équivalent du signal avec modulation par la gigue doit consister en une séquence de bits pseudo-aléatoire (voir le tableau 2/G.823).

Pour l'établissement de ces limites, les effets de dérapage sont considérés comme prédominants aux fréquences inférieures à f_1 et de nombreux équipements de transmission, tels que les systèmes de lignes numériques et les muldex asynchrones utilisant des techniques de justification sont effectivement transparents à ces changements de phase aux très basses fréquences. Malgré cela, il convient d'en tenir compte à l'entrée de certains équipements (par exemple, commutateurs numériques et muldex synchrones). Au-dessous de f_1 , la caractéristique ne peut faire l'objet d'une simple évaluation pratique, mais il faudra la prendre en considération au stade de la conception de l'équipement.

Contrairement à la partie du gabarit comprise entre les fréquences f_1 et f_4 , qui reflète l'amplitude maximale admissible de la gigue dans un réseau numérique, la partie du gabarit se trouvant au-dessous de la fréquence f_1 ne vise pas à représenter le dérapage maximal admissible qui pourrait se produire dans la pratique. Au-dessous de la fréquence f_1 , le gabarit est établi de manière que l'application de ce niveau de mémoire-tampon à l'entrée d'un équipement permette, si besoin est, de tolérer le dérapage qui se produit dans une grande partie des connexions réelles.

Un changement de sens à court terme de l'erreur sur la durée relative entre le signal d'entrée et le signal de rythme interne de l'équipement de terminaison se produisant peu de temps après l'occurrence d'un glissement commandé ne devrait pas provoquer un autre glissement. Pour éviter un tel glissement, l'équipement devrait être conçu avec un hystérésis approprié qui devrait être d'au moins 18 microsecondes.

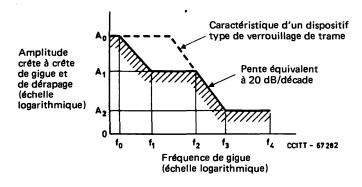


FIGURE 3/G.823

Limite inférieure de la valeur maximale admissible de gigue et de dérapage d'entrée

TABLEAU 2/G.823

Valeur des paramètres de tolérance applicables à la gigue et au dérapage d'entrée

Valeurs des paramètres	1	alle unita ête à crê	-	Fréquence				Signal d'essai	
Débit binaire kbit/s	A_0	A_1	A_2	Б	f ₁	f_2	f ₃	f4	pseudo-aléatoire
64 (remarque 1)	1,15 (18 μs)	0,25	0,05	$1,2 \times 10^{-5} \text{ Hz}$	20 Hz	600 Hz	3 kHz	20 kHz	2 ¹¹ - 1 (Rec. O.152)
2 048	36,9 (18 μs)	1,5	0,2	1,2 × 10 112	20 Hz	2,4 kHz (93 Hz)	18 kHz (700 Hz)	100 kHz	2 ¹⁵ – 1 (Rec. O.151)
8 448	152 (18 μs)	1,5	0,2	$1.2 \times 10^{-5} \text{ Hz}$	20 Hz	400 Hz (10,7 kHz)	3 kHz (80 kHz)	400 kHz	2 ¹⁵ - 1 (Rec. O.151)
34 368	*	1,5	0,15	*	100 Hz	1 kHz	10 kHz	800 kHz	2 ²³ - 1 (Rec. O.151)
139 264	*	1,5	0,075	*	200 Hz	500 Hz	10 kHz	3500 kHz	2 ²³ - 1 (Rec. O.151)

* Valeurs à l'étude.

Remarque 1 - Pour l'interface codirectionnelle seulement.

Remarque 2 — Pour les interfaces des réseaux nationaux, on peut utiliser les valeurs de fréquences (f_2 et f_3) indiquées entre parenthèses.

Remarque 3 - IU = Intervalle unitaire:

Remarque 4 — La valeur de A_0 (18 µs) représente une excursion de phase relative entre le signal entrant et le signal local de rythme interne provenant de l'horloge de référence. Cette valeur de A_0 correspond à une valeur absolue de 21 µs à l'entrée d'un nœud (accès d'entrée de l'équipement) et suppose un dérapage maximum de 11 µs pour la liaison de transmission entre deux nœuds. La différence de 3 µs correspond aux 3 µs admis pour l'excursion de phase à long terme dans l'horloge de référence nationale [§ 3c) de la Recommandation G.811].

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

Il faut limiter le niveau de la gigue produite dans les différents équipements. Un certain nombre de Recommandations relatives à des systèmes spécifiques définissent les niveaux maxima de la gigue pouvant se produire en l'absence de gigue à l'entrée. Les limites appliquées dans la réalité dépendent du type d'équipement. Il convient de les respecter, quel que soit le contenu informationnel du signal numérique. Dans tous les cas, elles ne dépassent jamais la limite maximale autorisée pour le réseau. Le dispositif de mesure de la gigue de sortie est représenté à la figure 1/G.823.

3.1.3 Caractéristiques de transfert de gigue et de dérapage

Les caractéristiques de transfert de gigue définissent le rapport de l'amplitude de la gigue de sortie à l'amplitude de la gigue d'entrée en fonction de la fréquence de gigue pour un débit binaire donné. Lorsqu'une gigue est présente à l'entrée d'un équipement numérique, très souvent une partie en est transmise à l'accès de sortie correspondant. De nombreux types d'équipements numériques atténuent les composantes de gigue de fréquence élevée présentes à l'entrée. Pour assurer la régulation de la gigue dans le cas d'équipements numériques homogènes en cascade, il est important de limiter la valeur de l'accroissement de la gigue. Pour un équipement numérique particulier, on peut mesurer le transfert de la gigue en utilisant un signal numérique modulé par une gigue sinusoïdale.

La figure 4/G.823 donne la forme générale de la caractéristique d'un transfert de gigue type. On trouve dans les Recommandations pertinentes les valeurs appropriées aux niveaux x et -y dB et les fréquences f, f_5 , f_6 et f_7 .

Etant donné que la bande passante des circuits de lissage de phase dans un équipement numérique asynchrone est généralement supérieure à 10 Hz, le dérapage sur le signal d'entrée peut apparaître pratiquement sans atténuation à la sortie. Toutefois, dans certains équipements numériques particuliers (par exemple des horloges nodales), le dérapage doit être suffisamment atténué de l'entrée à la sortie. Les Recommandations qui traitent des équipements synchrones définiront en dernière analyse les valeurs limites pour des caractéristiques particulières de transfert de dérapage.

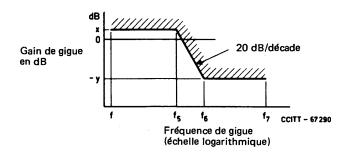


FIGURE 4/G.823

Caractéristiques types du transfert de la gigue

3.2 Sections numériques

Pour s'assurer que la valeur limite maximale du réseau (voir le § 2) n'est pas dépassée dans un réseau numérique, il faut contrôler la gigue due aux systèmes de transmission.

Les limites de la gigue pour les sections numériques sont données dans la Recommandation G.921.

3.3 Muldex numériques

Les limites de la gigue applicables aux multiplexeurs et démultiplexeurs numériques sont spécifiées dans les Recommandations relatives aux équipements en question.

4 Principes à appliquer pour mesurer la gigue

Les mesures de la gigue peuvent être réparties en deux catégories faciles à distinguer:

- les mesures utilisant un signal de trafic non défini que l'on peut généralement considérer comme étant de nature quasi aléatoire (généralement applicables dans les conditions de l'exploitation);
- les mesures utilisant des séquences d'essai spécifiques (généralement applicables pour les essais en laboratoire, en usine et de recette).

4.1 Mesures utilisant un signal de trafic non défini

En raison de la nature quasi aléatoire de la gigue et de sa dépendance éventuelle à l'égard de la charge de trafic, les mesures crête à crête sur les réseaux dans les conditions normales d'exploitation doivent, pour être précises, s'étaler sur de longues périodes. Dans la pratique, on prévoit que, l'expérience des différents systèmes permettra de déceler les anomalies sur de plus courtes périodes de mesures et de prévoir ainsi que la limite maximale admissible risque d'être dépassée pendant un intervalle de mesure plus long.

Les limites recommandées pour le réseau au § 2 ont été calculées de telle sorte que la probabilité d'un dépassement des niveaux soit très faible. L'observation pratique d'une telle grandeur avec un degré élevé de confiance, nécessite un intervalle de mesure inacceptable. Pour en tenir compte, il faudra peut-être parfois introduire une limite plus basse, mais voisine, ayant une plus grande probabilité d'apparition, et facilitant les mesures sur un intervalle de temps raisonnablement plus court. Ces aspects font l'objet d'un complément d'étude.

4.2 Mesures utilisant une séquence d'essai spécifique

Etant donné les avantages que présente l'évaluation des caractéristiques de la gigue des équipements de lignes numériques utilisant une séquence binaire pseudo-aléatoire (SBPA) spécifique, il convient de déterminer des limites appropriées pour cette condition d'essai unique. Bien que l'utilisation de signaux d'essai nécessitant la détermination d'autres facteurs soit extrêmement utile pour les essais de recette et de mise en service, les résultats doivent correspondre à une situation d'exploitation dans laquelle l'information contenue dans le signal présentera probablement un caractère plus aléatoire (par exemple, un signal de type téléphonique). L'expérience montre qu'il est généralement possible d'établir un rapport entre une mesure fondée sur le trafic et une mesure fondée sur une SBPA spécifique, en appliquant un facteur de correction approprié (annexe A).

L'utilisation d'une SBPA pour la mesure de la gigue peut comporter des inconvénients car, pour que la mesure soit valable, la SBPA doit avoir un contenu spectral adéquat compris dans la largeur de bande de la gigue du système soumis aux mesures. Lorsque le contenu spectral est insuffisant, une correction appropriée doit être appliquée si l'on veut établir une comparaison significative entre la valeur mesurée et les limites spécifiées. Cet aspect fait l'objet d'un complément d'étude (annexe A).

4.3 Interaction du signal d'essai et des dispositifs de traitement du signal intégrés aux systèmes de transmission

L'inclusion de dispositifs additionnels de traitement du signal intégrés à un système de transmission influence souvent les caractéristiques observées de la gigue. Des études ont montré une interaction du signal transmis, en particulier s'il est pseudo-aléatoire ou fortement structuré, avec les embrouilleurs numériques et les convertisseurs de code en ligne, produisant des effets intéressants qui sont observés sous forme de modification de la qualité de fonctionnement de ces équipements. Tous les effets d'interaction aboutissent à une modification des statistiques du signal transmis causant un changement de la gigue sensible à la séquence produite dans chacun des répéteurs. Une manifestation caractéristique de cette interaction est que les mesures successives effectuées à l'aide d'un signal de mesure identique pour chaque mesure sur un système de transmission comportant ces dispositifs donnent une gamme très variée d'amplitudes de la gigue crête à crête ou en valeur efficace.

Les études ont montré que les facteurs suivants déterminent les caractéristiques observées de la gigue:

- les connexions de retour aussi bien sur le générateur du signal d'essai SBPA que sur l'embrouilleur du système de transmission;
- le nombre d'étapes du générateur du signal d'essai SBPA et de l'embrouilleur du système de transmission;
- la présence d'un convertisseur de code dans le système de transmission.

En conséquence, pour choisir le signal d'essai pour les besoins de la validation de l'équipement:

- a) il est déconseillé d'utiliser un générateur de signal d'essai SBPA dont la longueur de cycle présente des facteurs communs avec l'embrouilleur incorporé au système de transmission;
- b) si l'on a besoin d'un signal aléatoire, il faut éviter que le générateur de signal d'essai SBPA et l'embrouilleur du système de transmission aient une configuration identique.

5 Accumulation de la gigue dans les réseaux numériques

La diversité des configurations de réseau empêche l'étude de tous les cas possibles. Pour analyser une configuration de réseau, il faut partir des renseignements relatifs aux caractéristiques de la gigue des différents équipements et de modèles appropriés d'accumulation de la gigue. L'annexe B vise à donner assez de renseignements pour permettre aux organisations de procéder à ces évaluations.

ANNEXE A

(à la Recommandation G.823)

Utilisation d'une séquence binaire pseudo-aléatoire (SBPA) pour la mesure de la gigue sur des systèmes de lignes numériques, les systèmes de radiocommunication et les systèmes à fibres optiques

A.1 Relation entre une mesure aléatoire fondée sur le trafic et une mesure fondée sur une SBPA

Il est souvent pratique de simuler un signal de trafic de type aléatoire au moyen d'une SBPA. Toutefois, l'utilisation d'un tel signal d'essai pour la mesure de la gigue tend à donner des résultats optimistes par rapport à une mesure identique qui utilise un signal de trafic contenant des informations plus aléatoires. Cette disparité tient au fait que le signal de trafic, qui, par nature, ne demande généralement pas la détermination d'autres facteurs, peut engendrer une gamme pratiquement illimitée d'amplitudes de gigue, contrairement à la SBPA qui, de par sa nature quasi aléatoire, ne peut engendrer qu'une gamme limitée d'amplitudes de gigue. L'expérience acquise en matière d'exploitation a permis de définir un facteur de correction établissant une relation entre les deux types de mesure, mais il est extrêmement difficile de fixer une valeur précise pour chaque situation pratique imaginable. La valeur effective de ce facteur de correction dépend de nombreux éléments étroitement liés: période de mesure, longueur du système, valeur Q du circuit de rétablissement du rythme, longueur de la séquence et présence d'embrouilleurs. Pour établir un rapport entre une mesure aléatoire fondée sur le trafic (effectuée pendant un intervalle relativement court) et une SBPA spécifique, il faut appliquer les facteurs de correction suivants qui représentent sans doute le meilleur choix pratique dans la plupart des cas:

- 1,5 à 2048 kbit/s et 8448 kbit/s (en supposant que l'on utilise une SBPA de 2¹⁵ 1 bits obtenue conformément à la Recommandation O.151),
- 1,3 à 34 368 kbit/s et 139 264 kbit/s (en supposant que l'on utilise une SBPA de 2²³ 1 bits obtenue conformément à la Recommandation O.151).

On en déduit la relation suivante:

Valeur estimative de l'amplitude

de la gigue pendant la transmission = facteur de correction × de la gigue en utilisant
du signal aléatoire (trafic)

Valeur mesurée de l'amplitude
de la gigue en utilisant
une SBPA spécifique

A.2 Contenu spectral de la SBPA

La SBPA étant par nature cyclique, elle se caractérise par un spectre de puissance constitué de raies spectrales apparaissant à intervalles régulièrement espacés. Pour obtenir des résultats significatifs, où l'erreur de mesure soit acceptable, la SBPA utilisée pour la mesure de la gigue de sortie doit avoir un contenu spectral adéquat compris dans la largeur de bande de la gigue du système soumis aux mesures. On observe que la largeur de bande du spectre de la gigue à la sortie de la chaîne de régénérateurs numériques est choisie en fonction du facteur Q du circuit de rétablissement du rythme et du nombre de régénérateurs en cascade [1].

D'où la formule:

Largeur de bande de la gigue = $\frac{f_1}{Q \times n}$ [Hz] pour une valeur élevée de n

dans laquelle

 f_1 = fréquence du signal de rythme extraite du signal arrivant par le circuit de rétablissement du rythme

Q = facteur Q d'un répéteur

n = nombre de répéteurs en cascade

et la formule:

fréquence de récurrence de la SBPA =
$$\frac{f}{L}$$
 [Hz]

dans laquelle

f = débit binaire

L = longueur de la séquence

Pour que le contenu spectral soit adéquat, la fréquence de répétition doit être inférieure à $\frac{1}{y}$ de la largeur de bande de la gigue du système soumis aux mesures. (La valeur à retenir pour y doit faire l'objet d'un complément d'étude.)

D'où

$$\frac{f}{L} \leqslant \frac{f_1}{v \times O \times n}$$

et

$$L \geqslant y \times n \times Q \times \frac{f}{f_1}$$

Exemples:

Pour le code en ligne B6ZS $f = f_1$ et $L \ge y \times n \times Q$

Pour un code en ligne quaternaire non redondant $\frac{f}{f_1} = \frac{2}{1}$ et $L \ge y \times n \times Q \times 2$

Si le système utilise un embrouilleur ou une technique de transcodage (4B3T, par exemple), il pourra en être tenu compte afin de réduire la longueur de la séquence d'essai.

ANNEXE B

(à la Recommandation G.823)

- B.1 Accumulation de la gigue dans les réseaux numériques
- B.1.1 Relations d'accumulation de la gigue pour les équipements numériques homogènes en cascade
- B.1.1.1 Systèmes de lignes numériques de radiocommunication et à fibres optiques

Avec ce type d'équipement, la relation applicable dépend beaucoup de plusieurs facteurs: contenu du signal transmis, dispositif de rétablissement du rythme, incorporation d'un ensemble embrouilleur-désembrouilleur, etc. On distingue plusieurs relations:

a) Régénérateurs homogènes en tandem

La plupart des répéteurs numériques actuellement en service sont des répéteurs régénérateurs à synchronisation automatique, c'est-à-dire que le signal de rythme obtenu à partir du signal d'arrivée assure régulièrement le synchronisme du signal de sortie. Les imperfections des circuits constituent le principal facteur de gigue, à l'origine d'une forme de gigue dépendant de la séquence des impulsions du signal numérique transmis, appelée gigue dépendant de la séquence. Les mécanismes qui engendrent la gigue dans un régénérateur ont été longuement étudiés et sont principalement liés aux imperfections du circuit de rétablissement du rythme [2], [3] et [4].

La gigue qui dépend de la séquence en provenance de sections régénérées constituant le type dominant de gigue dans un réseau, il convient d'examiner la façon dont elle s'accumule. Un répéteur régénérateur exerce l'effet d'un filtre passe-bas sur le niveau de la gigue du signal d'entrée, mais il engendre également une gigue qui peut être représentée par une source de gigue supplémentaire à l'entrée. Si cette gigue ajoutée était réellement aléatoire, contrairement à la gigue qui dépend de la séquence, la valeur efficace totale de la gigue, J_N , observée sur le signal numérique au bout de N régénérateurs serait donnée par la formule:

$$J_N \simeq J \times \sqrt[4]{N} \tag{1}$$

dans laquelle J est la valeur efficace de la gigue produite par un seul régénérateur et provenant de sources de gigue non corrélées. Cette équation est fondée sur l'hypothèse que la gigue ajoutée à chaque régénérateur n'est pas corrélée.

Cependant, la gigue ajoutée dépendant pour l'essentiel de la séquence, et celle-ci étant la même à chaque régénérateur, on peut admettre que la gigue ajoutée à chaque régénérateur dans une chaîne de régénérateurs semblables, est la même. Dans ce cas, on peut montrer que les éléments basse fréquence de la gigue s'ajoutent de façon linéaire, alors que les éléments haute fréquence sont de plus en plus affaiblis par l'effet de filtre passe-bas dû aux régénérateurs. En cas de transmission d'un signal aléatoire, la valeur efficace de la gigue, J_N , observée sur le signal au bout de N régénérateurs, est donnée par la formule:

$$J_N \simeq J_1 \times \sqrt{2N}$$
 pour une valeur élevée de N (2)

dans laquelle J_1 est la valeur efficace de la gigue produite par un seul régénérateur et provenant de mécanismes dépendants de la séquence [1].

Remarque 1 – L'expérience acquise en exploitation permet d'obtenir des valeurs d'intervalle unitaire comprises entre 0,4 et 1,5% pour J_1 , par l'emploi d'équipements ayant un bon rapport coût-utilité.

Remarque 2 – L'utilisation d'une boucle à verrouillage de phase pour rétablir le rythme entraîne une légère augmentation du taux d'accumulation, comme l'indique la formule:

$$J_N = J_1 \times \sqrt{2NA} \tag{3}$$

dans laquelle le facteur A dépend à la fois du nombre de régénérateurs et de l'amortissement des boucles à verrouillage de phase. Ce dernier paramètre est généralement choisi, pour cette application, de telle sorte que A ait une amplitude légèrement supérieure à l'unité.

Remarque 3 — La mise en œuvre de la récupération du rythme à l'aide d'un filtre d'ondes acoustiques de surface transverses produit un taux d'accumulation voisin de celui qu'on obtient pour des sources de gigue non corrélées. Cette accumulation favorable de la gigue se produit en raison du retard important qui réduit la corrélation entre le signal du rythme récupéré et le train de données. La gigue dépendant de la séquence du système devient donc réellement aléatoire et tend à s'accumuler de la même manière que celle qu'on obtient pour des sources de gigue non corrélées. Le seul effet secondaire notable est une dégradation marginale de la gigue de verrouillage. Cette accumulation favorable de la gigue n'est pas perçue par les résonateurs d'ondes acoustiques de surface en raison de leur mode de fonctionnement différent [9].

Remarque 4 — Les répéteurs comportant des circuits fondés sur des transformations de la séquence représentent effectivement des sources de gigue non corrélées causant une accumulation de la gigue indépendante du système. Par exemple, une transformation de la séquence fondée sur l'addition modulo 2 du signal et sa version retardée (séquence de Huffman) se traduit par une accumulation de la gigue en valeur efficace représentant approximativement la racine quatrième du nombre de répéteurs [8].

Les équations (1) et (2) font apparaître deux résultats importants:

- a) la gigue liée à la séquence s'accumule plus rapidement que la gigue indépendante de la séquence, lorsque le nombre de régénérateurs augmente;
- b) l'amplitude de la gigue produite par une chaîne de régénérateurs augmente de façon illimitée, lorsque le nombre de régénérateurs augmente.

La gigue produite par une séquence aléatoire est elle-même par nature aléatoire, et l'on considère qu'elle a une fonction de distribution de probabilité d'amplitude à peu près gaussienne. Il est donc possible de calculer, pour une amplitude de valeur efficace donnée (écart type), la probabilité de dépassement d'une amplitude crête à crête donnée. Il est fréquent d'admettre, à des fins de spécification un rapport crête à crête/valeur efficace compris entre 12 et 15, un tel rapport ayant une probabilité de dépassement très faible.

En revanche, quand le signal à transmettre se compose de deux séquences récurrentes, alternées à basse fréquence, la gigue se manifeste sous la forme d'une onde basse fréquence récurrente dont l'amplitude est proportionnelle au nombre de régénérateurs, ce qui peut conduire à des amplitudes très élevées de la gigue. En pareils cas, l'amplitude maximale crête à crête de la gigue (J_{NP}) est exprimée par la formule suivante:

$$J_{NP} = d \times N \tag{4}$$

dans laquelle d est la gigue sensible à la séquence (PSJ) produite par un seul régénérateur soumis à des séquences récurrentes alternées. Cette formule suppose que la cadence de récurrence soit suffisamment lente pour atteindre les conditions de régime permanent. La valeur effective dépend de la séquence utilisée.

Cette situation est très peu probable dans des conditions normales d'exploitation, car le signal transmis est généralement constitué d'éléments de trafic provenant de sources différentes, bien que cela ne soit pas nécessairement le cas pour la fréquence de ligne primaire, ainsi que d'un signal de verrouillage de trame, d'éléments numériques de commande de la justification, etc. En outre, il est possible de réduire encore la probabilité d'apparition de séquences fixes en utilisant des embrouilleurs numériques qui tendent à rendre le signal aléatoire.

b) Systèmes de ligne numériques, radioélectriques et à fibres optiques homogènes en cascade comportant des embrouilleurs et des réducteurs de gigue

Il faut envisager de doter d'un ensemble embrouilleur/désembrouilleur les systèmes homogènes devant être connectés en cascade (qu'il s'agisse de systèmes de ligne numériques ou de systèmes radioélectriques). En pareils cas, la contribution de la gigue sur chaque système n'étant pas corrélée, on constate qu'elle augmente comme la racine quatrième du nombre de systèmes en cascade. On peut donc calculer la valeur efficace de la gigue, J_M , observée pour un signal numérique au bout de M systèmes de ligne numériques ou systèmes radioélectriques, au moyen de la formule:

$$J_M \simeq J_S \times \sqrt[4]{KM} \tag{5}$$

dans laquelle J_S est la valeur efficace de la gigue obtenue à partir d'un seul système et K est une constante d'une valeur comprise entre 1 et 2. Pour de grandes valeurs de M, K = 2.

Si des réducteurs de gigue s'ajoutent aux embrouilleurs, la même relation d'accumulation peut s'appliquer, sauf que la valeur de J_S est sensiblement réduite. En pareils cas, la valeur efficace de la gigue, J_S est donnée par la formule:

$$J_S \simeq 2N J \sqrt{\frac{f_c}{B}}$$
 pour une valeur élevée de N (6)

dans laquelle J est la valeur efficace de la gigue obtenue à partir d'un seul répéteur, N le nombre de répéteurs en cascade, f_c la fréquence de coupure du réducteur de gigue et B la demi-largeur de bande d'un seul répéteur

$$\left(B = \frac{W_0}{2Q}\right).$$

Remarque — La validité des relations indiquées dans le présent paragraphe doit faire l'objet d'un complément d'étude, en particulier si des réducteurs de gigue sont prévus, le caractère aléatoire tenant à la longueur d'embrouilleur communément considérée comme acceptable risquant d'être insuffisant pour garantir la non-corrélation des contributions de gigue, sauf dans la largeur de bande des fonctions de transfert de la gigue, au point que l'accumulation de la racine quatrième domine.

B.1.1.2 Muldex

Avec ces équipements, le seul type de gigue susceptible d'une accumulation importante est la gigue basse fréquence de durée d'attente variable dont certains éléments peuvent être observés aux fréquences comprises dans la bande passante de la boucle à verrouillage de phase des démultiplexeurs. Selon toute probabilité, le taux d'accumulation de la gigue de durée d'attente se situe entre $\sqrt[4]{N}$ et $\sqrt[3]{N}$, N représentant le nombre de paires de multiplexeurs/démultiplexeurs en cascade [5], [6] et [7].

Un complément d'étude est nécessaire pour déterminer une relation plus exacte.

B.2 Principes relatifs à l'application pratique de relations d'accumulation de la gigue dans un réseau numérique

Ces aspects nécessitent un complément d'étude.

Références

- [1] BYRNE (C. J.), KARAFIN (R. J.) et ROBINSON (D. R.): Systematic Jitter in a Chain of Digital Repeaters, Bell System Technical Journal, vol. 42, 1963.
- [2] BENNETT (W. R.): Statistics of Regenerative Digital Transmission, Bell System Technical Journal, vol. 37, 1958.
- [3] ROWE (H. E.): Timing in a long chain of Regenerative Repeaters, Bell System Technical Journal, vol. 37, 1958
- [4] MANLEY (J. M.): Generation and Accumulation of Timing Noise in PCM Systems An experimental and Theoretical Study, *Bell System Technical Journal*, vol. 48, 1969.
- [5] DUTTWEILER (A. L.): Waiting Time Jitter, Bell System Technical Journal, vol. 51, n° 1, pp. 165-207, janvier 1972.
- [6] CHOW (P. E. K.): Jitter due to Pulse Stuffing Synchronization, *IEEE Trans. on Communications*, COM-21, no 7, pp. 854-859, juillet 1973.
- [7] CLEOBURY (D. J.): Characteristics of a Digital Multiplex Equipment Employing Justification Techniques, *IEE Conference on Telecommunication Transmission*, pp. 83-86, 1975.
- [8] ZEGER (L. E.): The Reduction of Systematic Jitter in a Transmission Chain with digital Regenerators, IEEE Transaction on Communications Technology, COM-15(4), 1976.
- [9] HIROSAKAI (B.): Jitter Accumulation Property in a Regenerative Repeater System with ASWF as a Timing Extracting Filter, NEC Research and Development no 43, octobre 1976.

Recommandation G.824

RÉGULATION DE LA GIGUE ET DU DÉRAPAGE DANS LES RÉSEAUX NUMÉRIQUES FONDÉS SUR LA HIÉRARCHIE À 1544 kbit/s

(Malaga-Torremolinos, 1984; modifiée à Melbourne, 1988)

Le CCITT,

considérant

- (a) qu'une gigue de rythme et une gigue d'alignement peuvent se produire dans les réseaux numériques;
- (b) que, faute de mesures appropriées, l'accumulation de la gigue peut, dans certaines circonstances, être telle que les dégradations suivantes peuvent se produire:
 - probabilité accrue d'introduction d'erreurs dans les signaux numériques aux points de régénération de ces signaux, en raison d'un décalage des signaux de rythme par rapport à leur position optimale dans le temps;
 - ii) introduction de glissements non commandés dans les signaux numériques par suite de débordement ou d'épuisement des données dans des équipements numériques comportant des mémoires-tampons et des comparateurs de phase, tels que des réducteurs de gigue et certains équipements de multiplexage numériques;
 - iii) dégradation de l'information analogique à codage numérique par suite de la modulation de phase des échantillons reconstitués dans le dispositif de conversion numérique-analogique à l'extrémité de la communication, ce qui peut avoir une influence importante sur les signaux vidéo à codage numérique;
- (c) que, contraitement à d'autres dégradations dans le réseau, il est possible de réduire l'amplitude de la gigue en utilisant des réducteurs de gigue; dans des réseaux complexes, il faut parfois employer des dispositifs de ce type;
- (d) que le dérapage peut se produire en raison de variations des caractéristiques de transmission des supports et des équipements, y compris des interruptions de la distribution de la référence de synchronisation;
- (e) qu'il est nécessaire de tenir compte du dérapage aux entrées des équipements numériques si l'on veut réduire au minimum les glissements commandés ou non commandés,

recommande

d'appliquer les directives et les limites suivntes pour la planification des réseaux et la conception des équipements.

1 Principes de régulation de la gigue et du dérapage

Le but de la méthode décrite dans la présente Recommandation est de réduire à un minimum les dégradations dues à la gigue et au dérapage dans les réseaux numériques. La régulation repose sur les éléments suivants:

- a) spécification, pour le réseau, de limites à ne pas dépasser à une interface hiérarchique;
- b) un cadre cohérent pour la spécification des différents équipements numériques;
- c) renseignements et directives pour prévoir et analyser l'accumulation de la gigue et du dérapage dans toutes les configurations de réseau, pour faciliter une régulation satisfaisante des dégradations dues à cette accumulation, et pour donner un aperçu de la qualité des différents équipements numériques en matière de gigue et de dérapage;
- d) méthode permettant de faire des mesures précises et répétées de la gigue et du dérapage.

On trouvera dans le supplément n° 3.8 de la série O (pour la gigue) et dans le supplément n° 35 (pour le dérapage) des suggestions pour la mesure des paramètres recommandés ci-dessous.

2 Limites de réseau pour la gigue de sortie maximale aux interfaces hiérarchiques et pour le dérapage aux nœuds de réseau synchrones

2.1 Limites de réseau 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.

Les limites indiquées dans le tableau 1/G.824 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.

TABLEAU 1/G.824

	Limite	e de réseau	Filtre passe-hande a	vant une fréquence de	counure inférieure t	
		ête à crête)	Filtre passe-bande ayant une fréquence de coupure inférie ou f_3 et une fréquence de coupure supérieure minimale			
Débit binaire (kbit/s)	B ₂	f ₁ (Hz)	f ₃ (kHz)	f ₄ (kHz)		
1 544	5,0	0,1 (remarque)	10	8	40	
6 312	3,0	0,1 (remarque)	. 10	3	60	
32 064	2,0	0,1 (remarque)	10	8	400	
44 736	5,0	0,1	10	30	400	
97 728	1,0	0,05	10	240	1 000	

IU Intervalle unitaire.

Remarque - Cette valeur nécessite un complément d'étude.

Pour les systèmes dans lesquels le signal de sortie est commandé par une horloge autonome (oscillateur à quartz, par exemple), des valeurs plus strictes peuvent être définies dans les spécifications relatives aux équipements pertinents (par exemple, pour le muldex de la Recommandation G.743, la gigue de sortie ne doit pas dépasser 0,01 IU en valeur efficace).

Le dispositif de mesure de la gigue de sortie à une interface numérique est représenté à la figure 1/G.824. Les valeurs limites de gigue spécifique et les valeurs des fréquences de coupure du filtre sont données dans le tableau 1/G.824.

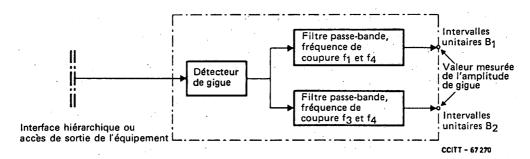


FIGURE 1/G.824

Dispositif de mesure de la gigue de sortie d'une interface hiérarchique ou d'un accès de sortie d'équipement

2.2 Limites de réseau pour le dérapage

Les spécifications du dérapage de sortie du réseau aux nœuds de réseau synchrones sont nécessaires pour assurer une qualité de réseau satisfaisante (en ce qui concerne par exemple les glissements, les paquets d'erreurs). Pour les nœuds de réseau, on spécifie les limtes 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. L'erreur relative maximale sur la durée (ERMSD) (voir la Recommandation G.811) sur une période de S secondes ne doit pas dépasser les limites suivantes:

- 1) $S < 10^4$; cette région nécessite un complément d'étude;
- 2) $(10^{-2} S + 10\,000)$ ns, pour les valeurs de S supérieures à 10^4 .

Remarque - La spécification générale qui en découle est illustrée à la figure 2/G.824.

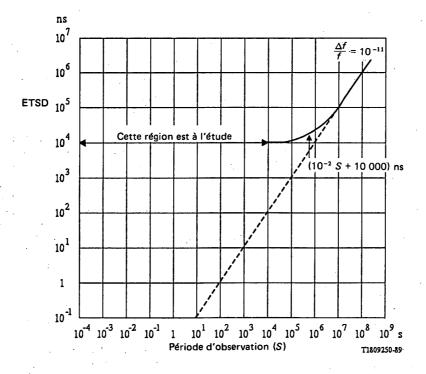


FIGURE 2/G.824

Erreur relative maximale admissible sur la durée (ERMSD) en fonction de la période d'observation S pour la sortie d'un nœud de réseau

Des études complémentaires sont nécessaires pour exprimer quantitativement les différences aux limites des nœuds de transit et des nœuds locaux. De plus, l'accumulation de la gigue dans les réseaux est étroitement liée aux spécifications contenues dans les Recommandations G.811, G.812 et O.511.

3 Cadre pour la spécification des différents équipemets numériques

3.1 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 au § 2 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:

- i) la gigue et le dérapage qui peuvent être tolérés à l'entrée,
- ii) la proportion de ce dérapage et de cette gigue d'entrée qui traverse l'équipement et parvient à la sortie, et
- iii) la gigue et le dérapage produits par l'équipement.

L'objet du § 3 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.

3.1.1 Tolérance de gigue et de dérapage des accès d'entrée

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 de sortie de réseau allant jusqu'aux limites maximales de réseau spécifiées dans le tableau 1/G.824. 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 en réalité dans un réseau. Pour certains équipements, il peut donc être nécessaire de spécifier des essais de tolérance de gigue supplémentaires et il convient de toujours se reporter à la Recommandation applicable à tel ou tel équipement.

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 à la figure 3/G.824 et dans le tableau 2/G.824. Les limites doivent être observées pendant le fonctionnement.

En déterminant les spécifications du tableau 2/G.824 pour les fréquences supérieures à f_3 , on a considéré que les effets découlant de l'affectation de la gigue d'alignement au circuit de décision de l'horloge de l'équipement étaient prédominantes. Des mesures visant à vérifier la conformité de ces spécifications peuvent donner des résultats influencés par l'environnement, ce qui entraîne dans leur interprétation une certaine ambiguïté. Il conviendrait de tenir compte de cette spécification au moment de la conception de l'équipement. Le supplément n^o 3.8 (série O) fournit des indications au sujet des mesures indépendantes de l'environnement.

En déterminant ces spécifications, on a considéré que les effets dus au dérapage sont prédominants aux fréquences inférieures à f_1 ; un grand nombre d'équipements de transmission, tels que les systèmes en lignes numériques et les muldex asynchrones utilisant des techniques de justification sont en fait transparents à ces changements de phase de très basse fréquence. Au surplus, il est nécessaire de tenir compte de ces variations de phase à l'entrée de certains équipements (par exemple, commutateurs numériques et muldex synchrones). Les spécifications du tableau 2/G.824 pour les fréquences inférieures à f_1 ne relèvent pas d'une simple évaluation pratique; on doit tenir compte de cette exigence au stade de la conception de l'équipement.

La tolérance de dérapage pour un équipement doit être compatible avec les limites de dérapage de sortie de réseau spécifiées à la figure 2/G.824. Une tolérance de dérapage insuffisante aux accès d'entrée synchrones d'un équipement peut entraîner des glissements commandés ou non commandés, selon la méthode particulière employée pour la régulation du glissement.

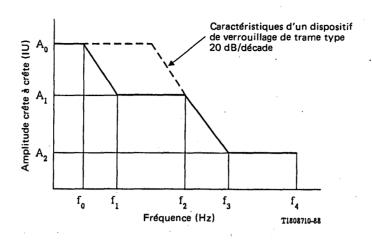


FIGURE 3/G.824

Gabarit de gigue et de dérapage de crête à crête devant être accepté à l'entrée d'un point nodal d'un réseau numérique (méthode de mesure: voir le Supplément no 3.8 (série O) et le Supplément no 3.5 placé à la fin du présent fascicule

TABLEAU 2/G.824

Tolérance de gigue et de dérapage des accès d'entrée (valeurs provisoires) (remarque 1)

Débit binaire		litude de rête à crê		,	Fréquence				Signal d'essai	
(kbit/s)	A ₀ (μs)	A ₁ (IU)	A ₂ (IU)	f ₀ (Hz)	f ₁ (Hz)	f ₂ (Hz)	f ₃ (kHz)	f ₄ (kHz)	Signal d essai	
1 544	18 (rem. 2)	5,0	0,1 (rem. 2)	$1,2 \times 10^{-5}$	10	120	6	40	$2^{20} - 1$ (remarque 3)	
6 312	18 (rem. 2)	5,0	0,1	$1,2 \times 10^{-5}$	10	50	2,5	60	2 ²⁰ - 1 (remarque 2)	
32 064	18 (rem. 2)	2,0	0,1	1,2 × 10 ⁻⁵	10	400	8	400	$2^{20} - 1$ (remarque 3)	
44 736	18 (rem. 2)	5,0	0,1	$1,2 \times 10^{-5}$	-10	600	30	400	$2^{20} - 1$ (remarque 2)	
97 728	18 (rem. 2)	2,0	0,1	$1,2 \times 10^{-5}$	10	12 000	240	1000	$2^{23} - 1$ (remarque 2)	

Remarque 1 — Il faut toujours se reporter aux spécifications des divers équipements pour vérifier si des conditions supplémentaires de tolérance de gigue d'entrée sont nécessaires.

Remarque 2 - Cette valeur doit faire l'objet d'un complément d'étude.

Remarque 3 — Il faut supprimer les longues séries de zéros de la séquence d'essai dans les réseaux n'assurant pas la transparence à 64 kbit/s.

Remarque 4 — La valeur A_0 (18 μ s) représente un écart de phase relatif entre le signal arrivant et le signal local interne de rythme établi à partir de l'horloge de référence.

3.1.2 Caractéristiques de transfert de gigue et de dérapage

Les caractéristiques de transfert de gigue définissent le rapport de l'amplitude de la gigue de sortie à l'amplitude de la gigue d'entrée en fonction de la fréquence de gigue pour un débit binaire donné. Lorsqu'une gigue est présente à l'accès d'entrée d'un équipement numérique, très souvent une partie en est transmise à l'accès numérique de sortie correspondant. De nombreux types d'équipements numériques atténuent les composantes de gigue de fréquence élevée présentes à l'entrée. Les Recommandations traitant d'un équipement particulier définiront en dernière analyse les valeurs limites de ses caractéristiques de transfert de gigue. Pour assurer la régulation de la gigue, dans le cas d'équipements numériques homogènes en cascade, il est important de limiter la valeur de l'accroissement de la gigue.

Etant donné que la largeur de bande des circuits de lissage de phase dans un équipement numérique asynchrone est généralement supérieure à 10 Hz, le dérapage sur le signal d'entrée peut apparaître pratiquement sans atténuation à la sortie. Toutefois, dans certains équipements numériques particuliers (par exemple, des horloges nodales), le dérapage doit être suffisamment atténué de l'entrée à la sortie. Les Recommandations qui traitent des équipements synchrones définiront en dernière analyse les valeurs limites pour des caractéristiques particulières de transfert de dérapage.

3.1.3 Génération de gigue et de dérapage intrinsèque

La génération de gigue et de dérapage intrinsèque est définie comme le dérapage et la gigue de sortie en l'absence de dérapage et de gigue d'entrée. Il est nécessaire de limiter la gigue et le dérapage intrinsèques dans les divers équipements numériques pour maîtriser l'accumulation de la gigue et du dérapage de réseau produits par des éléments de réseau en cascade. Les limites applicables à la gigue et au dérapage de sortie pour divers équipements numériques sont définies dans les Recommandations du CCITT traitant spécifiquement de ces équipements. Les limites effectivement appliquées dépendent du type d'équipement.

3.2 Sections de ligne numérique

Afin de garantir que la limite maximale pour le réseau (voir le § 2.1) n'est pas dépassée à l'intérieur d'un réseau numérique, il est nécessaire de restreindre la gigue et le dérapage introduits par les systèmes de transmission.

On trouvera les spécifications concernant la gigue pour les sections de ligne numérique dans les Recommandations G.911 à G.915.

3.3 Muldex numériques

Afin de faire en sorte que la limite maximale de réseau (voir le § 2.1) ne soit pas dépassée à l'intérieur d'un réseau numérique, il est nécessaire de restreindre la gigue et le dérapage introduits par les systèmes de transmission.

On trouvera dans les Recommandations G.743 et G.752 les spécifications concernant les muldex numériques utilisant la justification positive.

3.4 Commutateurs numériques

Afin de faire en sorte que la limite maximale de réseau (à spécifier dans le § 2.2) ne soit pas dépassée à l'intérieur d'un réseau numérique, il est nécessaire de réguler le transfert et la production de gigue et de dérapage, suivant le cas, pour les commutateurs numériques.

Les spécifications du dérapage de sortie pour les horloges de référence primaires sont données dans la Recommandation G.811. On trouvera les spécifications de gigue et de dérapage pour les commutateurs numériques de transit et pour les commutateurs numériques locaux, dans la Recommandation Q.541.

4 Accumulation de gigue et de dérapage dans les réseaux numériques

Etant donné la variabilité des configurations de réseau, il existe un grand nombre de connexions possibles. Pour analyser une configuration de réseau particulière, il faut utiliser l'information relative aux caractéristiques de gigue des divers équipements considérés, conjointement avec les modèles appropriés d'accumulation de la gigue. Le supplément n° 36 donne des renseignements pour aider les organisations à faire ces évaluations.

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

SECTION 9

SECTIONS NUMÉRIQUES ET SYSTÈMES DE LIGNE NUMÉRIQUE

9.0 Considérations générales

Recommandation G.901

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LES SECTIONS NUMÉRIQUES ET LES SYSTÈMES DE LIGNE NUMÉRIQUE

(Genève, 1980; modifiée par la suite)

1 Sections numériques et systèmes numériques

Le terme section numérique, au sens général où il est employé dans les Recommandations de cette série, englobe les sections de ligne numériques et les sections hertziennes numériques. Ce terme est défini dans la Recommandation G.701 (voir aussi les figures 1/G.701 et 2/G.960). Les sections numériques sont des éléments constitutifs de liaisons numériques fonctionnant à des débits binaires donnés; on peut les considérer comme des «boîtes noires». Pour les sections numériques utilisées dans des applications (réseau) à hiérarchie numérique, les entrées et les sorties sont recommandées sous la forme d'«interfaces d'équipements» (voir la Recommandation G.703 pour les débits binaires hiérarchiques ou la Recommandation G.931 pour les débits binaires non hiérarchiques). Pour les sections numériques utilisées pour l'accès de l'usager au RNIS, les «limites de section» sont le point de référence T et le point de référence V approprié. Les interfaces usager/réseau qui peuvent être utilisées aux points de référence T sont recommandées dans la série I.400; les interfaces des centraux qui peuvent être utilisées aux points de référence V sont recommandées dans la série Q.500. Les Recommandations relatives aux sections numériques contiennent les .caractéristiques communes se rapportant au réseau, applicables aux systèmes de transmission numérique par faisceaux hertziens, câbles métalliques ou fibres optiques. Les caractéristiques de qualité de fonctionnement des réseaux.

Les systèmes de ligne numérique et radioélectriques sont les moyens qui permettent d'établir des sections numériques. Les Recommandations relatives aux systèmes de ligne numérique et radioélectriques peuvent spécifier, pour les sections numériques fonctionnant à un débit binaire donné, le support et la technique de transmission spécifiques à utiliser. Les caractéristiques de qualité des systèmes de ligne numérique et radioélectriques représentent des directives établies à l'intention de concepteurs de système (objectifs de conception des équipements) et ils peuvent être spécifiés en fonction de sections numériques fictives de référence ayant une constitution bien définie.

Tous les systèmes de ligne numérique et radioélectriques fonctionnant à un débit binaire donné et destinés à être utilisés dans une partie particulière du réseau doivent respecter les caractéristiques de la section numérique correspondant à cette application du réseau.

Les caractéristiques des systèmes radioélectriques numériques sont traitées dans des Recommandations du CCIR.

2 Interconnexions internationales

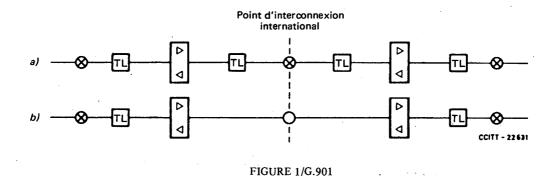
Pour les interconnexions internationales, le CCITT recommande:

- 1) de choisir, comme solution préférée des interconnexions aux jonctions d'équipement fonctionnant à des débits binaires hiérarchiques, connexions représentées sur la partie a) de la figure 1/G.901 et la partie a) de la figure 2/G.901;
- d'adopter, comme solution de deuxième choix des interconnexions aux jonctions d'équipement fonctionnant à des débits binaires non hiérarchiques, connexions représentées dans la partie b) de la figure 2/G.901;

3) que les jonctions de ligne représentées dans la partie b) de la figure 1/G.901 et la partie c) de la figure 2/G.901 ne soient pas considérées comme celles qui doivent être utilisées comme points d'interconnexion internationaux.

Tous les paramètres nécessaires pour l'interconnexion aux jonctions d'équipement feront l'objet de la partie de la Recommandation intitulée «caractéristiques des sections de ligne numérique».

Les jonctions d'équipement mentionnées dans les Recommandations suivantes désignent les jonctions conformes à la Recommandation G.703 et elles peuvent se rapporter soit à une connexion directe entre équipements terminaux, soit à une connexion effectuée au répartiteur numérique.



Possibilités d'interconnexion des systèmes de transmission en ligne fonctionnant à des débits binaires hiérarchiques

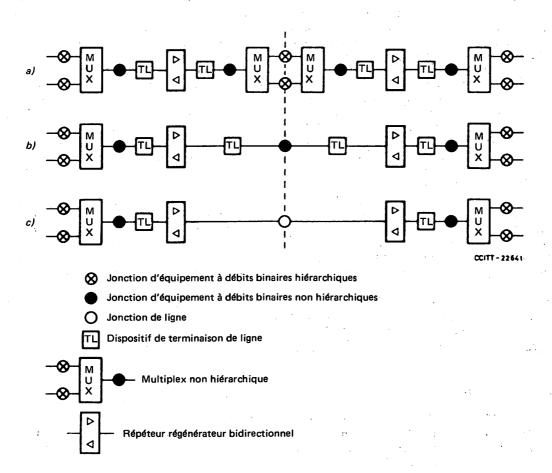


FIGURE 2/G.901

Possibilités d'interconnexion des systèmes de transmission en ligne fonctionnant à des débits binaires non hiérarchiques

3 Accès de l'usager au RNIS

Les sections numériques et les systèmes de ligne numériques pour l'accès usager/RNIS sont spécifiquement recommandés pour ces applications et ne font pas partie de la «hiérarchie numérique». Alors que les autres sections numériques et systèmes de ligne numériques font l'objet de recommandations symétriques (les terminaisons de ligne ont les mêmes fonctions aux deux extrémités), les recommandations relatives à l'accès usager/RNIS sont asymétriques pour certaines fonctions (horloge bit, horloge octet, activation/désactivation, alimentation en énergie, fonctionnement, maintenance). Cela tient à l'asymétrie inhérente au réseau local de distribution en ligne et aux caractéristiques différentes des interfaces de central et des interfaces usager-réseau.

Bibliographie

Recommandation du CCITT Objectifs et recommandations pour la qualité de transmission, tome III, Rec. G.102.

9.1 Sections de ligne numérique fonctionnant à des débits binaires hiérarchiques primaires de 1544 kbit/s

Les Recommandations G.911 à G.915 ont été supprimées.

9.2 Sections numériques fonctionnant à des débits binaires hiérarchiques fondés sur le débit primaire de 2048 kbit/s

Recommandation G.921

SECTIONS NUMÉRIQUES FONDÉES SUR LA HIÉRARCHIE À 2048 kbit/s

(Malaga-Torremolinos, 1984; modifiée à Melbourne, 1988)

1 Caractéristiques des sections numériques

1.1 Caractéristiques générales

1.1.1 Débit binaire

Les sections numériques basées sur la hiérarchie à 2048 kbit/s doivent pouvoir transmettre des signaux aux débits binaires nominaux avec leurs tolérances correspondantes, comme indiqué au tableau 1/G.921.

TABLEAU 1/G.921

Tolérances des signaux à transmettre

Débit binaire nominal (kbit/s)	2048	8448	34 368	139 264
Tolérance (ppm)	50	30	20	15

Remarque – Les sections numériques à 2048 kbit/s doivent pouvoir fonctionner de manière synchrone ou plésiochrone dans le même environnement.

1.1.2 Propriétés spéciales

Les sections numériques basées sur la hiérarchie à 2048 kbit/s doivent être indépendantes de la séquence des bits.

1.2 Caractéristiques des interfaces

Les interfaces numériques doivent être conformes à la Recommandation G.703.

1.3 Normes de qualité de fonctionnement

Les normes de qualité de fonctionnement (par exemple erreurs, gigue et disponibilité) sont spécifiées en fonction d'une section numérique fictive de référence (SNFR) (voir la Recommandation G.801).

1.3.1 Taux d'erreur

Selon les applications dans les différentes parties d'une communication, comme indiqué dans la Recommandation G.821, différentes classes de qualité de section sont définies dans le tableau 2/G.921.

1.3.2 Gigue

Pour que la gigue maximale d'un réseau (voir le § 2 de la Recommandation G.823) ne soit pas dépassée dans un réseau numérique, il est nécessaire de limiter la gigue provenant des systèmes de transmission.

1.3.2.1 Introduction

Les spécifications de la gigue se rapportent aux sections numériques fictives de référence (SNFR) définies dans le tableau 2/G.921.

Pour les limites ci-dessous, il a été admis qu'un petit nombre de sections numériques seront connectées en cascade; de plus, il n'a pas été tenu compte de la gigue provenant des équipements de multiplexage asynchrones. Néanmoins, dans certaines configurations réelles de réseau, les Administrations pourront juger nécessaire de prévoir davantage de sections en cascade avec de nombreux multiplex numériques asynchrones. Pour une régulation efficace de la gigue en pareils cas, il pourra être nécessaire de respecter des limites plus strictes et/ou d'utiliser d'autres moyens pour réduire la gigue à un minimum.

Toutes les limites données ci-après pour les sections numériques doivent être satisfaites pour toutes les sections quels que soient leur longueur et le nombre des répéteurs.

Il importe de noter que les limites doivent être respectées quel que soit le signal émis. Dans ces conditions, le choix d'une séquence d'essai est laissé aux Administrations nationales. Il faudra tenir compte des principes de mesure exposés au § 4 de la Recommandation G.823.

1.3.2.2 Limite inférieure de la gigue admissible à l'entrée

La spécification est conforme au gabarit de tolérance d'entrée (figure 2/G.823 et tableau 2/G.823).

Remarque — Il est reconnu que pour les sections de ligne à 2048 kbit/s et dans les conditions de perturbation rencontrées dans la pratique, la gigue d'entrée maximum admissible devra peut-être être réduite dans la gamme de fréquences f_3 à f_4 (mais en conservant la pente de 20 dB/décade existante au-dessous de la fréquence f_3 , ce qui entraînera une valeur légèrement inférieure pour la fréquence f_2). Etant donné que ces sections sont utilisées aux niveaux les plus bas du réseau et que les sources réelles à 2048 kbit/s présentent une très faible gigue de sortie dans la plage des fréquences élevées (voir les Recommandations G.732, G.742 et Q.551), la qualité de fonctionnement qui en résulte sera entièrement satisfaisante.

1.3.2.3 Caractéristiques de transfert de gigue

Le gain maximal de la fonction de transfert de gigue ne devrait pas dépasser la valeur de 1 dB.

Remarque 1 – La limite inférieure de fréquence devrait être aussi basse que possible compte tenu des limitations de l'équipement de mesure. Une valeur de l'ordre de 5 Hz est considérée comme acceptable.

Remarque 2 — Pour les sections de ligne à 2048 kbit/s satisfaisant à l'option d'interface nationale (remarque 2 au tableau 2/G.823), un gain de gigue de 3 dB est autorisé.

TABLEAU 2/G.921

Classification de qualité des sections numériques pour les caractéristiques de performance d'erreur

Classe de qualité de section	Longueur (km) de la SNFR (voir la figure 4/G.801) (remarque 2)	Allocation (remarques 3 et 4)	A utiliser dans les circuits de classification (voir la figure 1/G.821) (remarques 5 et 6)	
1	280	0,45%	qualité supérieure	
2	280	2%	qualité moyenne	
3	50		qualité moyenne	
4	50	5	qualité moyenne	

Remarque 1 — Il n'est pas envisagé de limiter une classe de qualité à un débit binaire spécifique. La possibilité d'introduire des options supplémentaires (par exemple, au sujet de la longueur) exige un complément d'étude.

Remarque 2 — Les valeurs indiquées pour la longueur sont celles qui sont citées dans la Recommandation G.801. Elles doivent être interprétées comme correspondant aux longueurs maximales de sections numériques réelles. Si une section numérique réelle est plus courte, il n'y aura aucune réduction de l'allocation d'erreur (c'est-à-dire, la valeur de pourcentage dans la troisième colonne). Il est tenu compte, à cet égard, du fait que:

- dans de nombreux systèmes de ligne (notamment sur les paires métalliques), la plupart des erreurs sur les éléments binaires se produisent aux extrémités du système;
- par souci d'économie, les systèmes à courte distance peuvent être conçus avec un taux d'erreur par kilomètre plus élevé que les systèmes à grande distance.

Pour les sections numériques réelles de longueur supérieure (par exemple, 450 km), l'allocation globale doit correspondre à celle d'un nombre entier de SNFR (de la même classe de qualité), dont la longueur cumulée est au moins égale à celle de la section réelle (par exemple, 2 × 280 km).

Remarque 3 — Les valeurs qui figurent dans cette colonne sont des pourcentages de la dégradation totale (à 64 kbit/s) spécifiés dans la Recommandation G.821, c'est-à-dire les 8% de secondes avec erreur, les 10% de minutes dégradées et les 0,1% de secondes gravement erronées réparties selon les mêmes règles que les deux autres paramètres.

Remarque 4 — Pour obtenir des données relatives à la performance d'erreur à 64 kbit/s à partir de mesures d'erreur effectuées aux débits binaires primaires et supérieurs, il convient d'utiliser la méthode décrite dans l'annexe D à la Recommandation G.821.

Remarque 5 — Peut également être utilisée dans une partie de qualité plus faible de la connexion, comme l'indique la figure 1/G.821.

Remarque 6 — Pour tenir compte de conditions de propagation défavorables sur des systèmes radioélectriques, comme indiqué en détail dans la Recommandation G.821, un pourcentage supplémentaire de 0,05% de seconde gravement erronées a été attribué à une SNFR hertzienne de 2500 km pour les systèmes fonctionnant dans les parties de qualité supérieure et moyenne de la CFR. Pour une section de 280 km, cela correspond à une valeur de 0,0055% à ajouter à l'allocation des sections de qualité 1 et 2 lorsqu'il s'agit des secondes gravement erronées.

Il en résulte une allocation supplémentaire de 0,025% de secondes gravement erronées pour la partie de qualité moyenne de la connexion si elle est constituée entièrement de sections radioélectriques de classe 1. Lorsque la partie de qualité moyenne du réseau est constituée d'un mélange de différentes classes, une partie de cette allocation supplémentaire peut être attribuée aux classes 3 et 4, à la discrétion des Administrations.

Pour être en accord avec les hypothèses statistiques formulées au § 3.3. b) de la Recommandation G.821 concernant le nombre de sections radioélectriques dans la CFR, et l'apparition des effets du mois le plus défavorable, il peut s'avérer nécessaire de tenir compte de la probabilité d'apparition d'effets du mois le plus défavorable survenant simultanément dans toutes les sections radioélectriques d'une connexion. Un modèle statistique à utiliser pour la planification du réseau et l'évaluation de la qualité de fonctionnement, en vue d'évaluer la compatibilité d'une connexion donnée par rapport à l'objectif global de la Recommandation G.821, est à l'étude.

1.3.2.4 Gigue à la sortie en l'absence de gigue à l'entrée

La valeur maximale crête à crête de la gigue en l'absence de gigue à l'entrée, pour toute condition de signal valable, ne devrait pas dépasser la limite indiquée dans le tableau 3/G.921.

TABLEAU 3/G.921

Gigue maximale à la sortie en l'absence de gigue à l'entrée pour une section numérique (Les mesures sont faites conformément à la méthode représentée sur la figure 1/G.823)

Débit binaire (kbit/s)	Longueur de la SNFR (km)	Gigue maximale à la sortie pour une section numérique		Largeur de bande du filtre de mesure		
		Limite basse fréquence (f1-f4) intervalle unitaire crête à crête	Limite haute fréquence (f3-f4) intervalle unitaire crête à crête	Filtre passe-bande ayant une fréquence de coupure basse f_1 ou f_3 et une fréquence de coupure haute f_4		
				f ₁	<i>f</i> ₃	f ₄
2 048	50	0,75	0,2	20 Hz	18 kHz (700 Hz)	100 kHz
8 448	50	0,75	0,2	20 Hz	3 kHz (80 kHz)	400 kHz
34 368	50	0,75	0,15	100 Hz	10 kHz	800 kHz
34 368	280	0,75	0,15	100 Hz	10 kHz	800 kHz
139 264	280	0,75	0,075	200 Hz	10 kHz	3 500 kHz

Remarque – Pour l'interface dans les réseaux nationaux, les valeurs de fréquence (f_2 et f_3) figurant entre parenthèses peuvent être utilisées.

1.3.3 Disponibilité

A l'étude.

Cette norme de qualité sera définie compte tenu des Recommandations G.821, E.800 et de la Recommandation 557 du CCIR.

1.4 Conditions de dérangement et actions conséquentes

1.4.1 Conditions de dérangement

Les sections numériques devraient déceler les défaillances suivantes:

1.4.1.1 Panne d'alimentation interne de l'équipement terminal de ligne

Remarque - Par ligne, on entend des équipements en câble ou des faisceaux hertziens.

1.4.1.2 Taux d'erreur > $1 \cdot 10^{-3}$

Les dispositions correspondantes doivent être prises quand on considère que le taux d'erreur dépasse $1 \cdot 10^{-3}$. Il faut recourir à une certaine forme de contrôle de persistance pour établir avec un certain degré de confiance qu'il existe une condition de défaillance. Dans tous les cas, une indication d'alarme doit être donnée dans les 500 ms qui suivent le début de la condition de défaillance; cette période de temps couvre le temps de détection et le temps de contrôle de persistance.

L'indication d'alarme doit prendre fin quand il a été établi, avec le degré de confiance approprié, que la condition de défaillance a disparu.

1.4.1.3 Perte du signal au terminal de réception

Remarque – La détection de cette défaillance n'est nécessaire que s'il n'en résulte pas une indication «taux d'erreur > $1 \cdot 10^{-3}$ ».

1.4.1.4 Perte de verrouillage lorsque des codes alphabétiques en ligne ou des trames supplémentaires sont utilisés

Remarque – La détection de cette défaillance n'est nécessaire que s'il n'en résulte pas une indication «taux d'erreur > $1 \cdot 10^{-3}$ ».

1.4.1.5 Perte de signal d'interface entrant

1.4.2 Actions conséquentes

A la suite de la détection d'une défaillance, des actions appropriées devraient être entreprises comme indiqué dans le tableau 4/G.921.

TABLEAU 4/G.921

Défaillances et actions conséquentes pour des s'ections numériques basées sur la hiérarchie à 2048 kbit/s

:		Alarme de	maintenance	Signal d'indication d'alarme (SIA)		
Equipement	Conditions de défaillances	rapide	différée (voir remarque)	côté ligne	côté interface	
Equipement de terminaison de ligne	Panne d'alimentation interne	oui		si possible	si possible	
	Taux d'erreur $> 1 \cdot 10^{-3}$	oui			oui	
Côté ligne	Perte du signal au terminal de réception	oui			oui	
uniquement	Perte de verrouillage lorsque des codes alphabétiques en ligne ou des trames supplémentaires sont utilisées	oui			oui	
Côté interface uniquement	Perte du signal entrant	oui		oui		

Remarque – En ce qui concerne les objectifs de qualité du réseau, des critères d'activation d'une alarme de maintenance différée sont nécessaires. Ils devraient si possible être fournis par les systèmes.

1.4.2.1 Indication d'alarme de maintenance rapide émise pour signifier que les performances sont inférieures aux normes acceptables et qu'une action de maintenance est nécessaire localement.

Remarque – Chaque Administration doit fixer l'emplacement et la forme (visuelle et/ou auditive) de l'alarme activée par les indications d'alarme données au § 1.4.2.1 ci-dessus.

1.4.2.2 SIA appliqué côté ligne (voir les remarques 1 et 2).

1.4.2.3 SIA appliqué côté interface.

Remarque 1 – Le contenu binaire équivalent du signal d'indication d'alarme (SIA) est une succession continue de 1.

Remarque 2 – Le débit binaire de ce SIA devrait être compris dans les limites de tolérance définies dans le tableau 1/G.921.

Remarque 3 - En cas de panne d'alimentation, n'appliquer le SIA que si cela est possible.

Conditions de temps pour application du SIA

En règle générale, le SIA devrait être émis dès la détection d'une condition de défaillance donnée dans le tableau 4/G.921, sauf dans le cas d'un taux d'erreur supérieur à $1 \cdot 10^{-3}$, où les conditions de temps à observer sont celles indiquées au § 1.4.1.2.

Remarque - Pour les sections numériques entièrement nationales, et avec l'accord des pays concernés, pour les sections numériques qui traversent des frontières internationales, il peut être nécessaire de prévoir une option retardant la transmission du SIA d'une durée de quelques secondes, quand l'application SIA est commandée au moyen d'un processus de contrôle de seuil de la Recommandation G.921 fondé sur le paramètre des secondes gravement erronées de la Recommandation G.821. Sur les liaisons numériques internationales acheminées sur des sections numériques entièrement nationales, des alarmes brèves peuvent apparaître en aval pendant ces quelques secondes.

9.3 Systèmes de ligne numérique en câble fonctionnant à des débits binaires non hiérarchiques

Recommandation G.931

SECTIONS DE LIGNE NUMÉRIQUE FONCTIONNANT À 3152 kbit/s

(ancienne Recommandation G.921 du tome III du Livre jaune)

1 Caractéristiques des jonctions

Les jonctions numériques à 3152 kbit/s doivent être conformes aux spécifications de l'annexe A.

- 2 Normes de qualité de fonctionnement
- 2.1 Taux d'erreur

A l'étude.

- 2.2 Gigue
- 2.2.1 Limite inférieure de la gigue maximale admissible à l'entrée

A l'étude.

2.2.2 Gigue de sortie maximale

A l'étude.

2.2.3 Gigue maximale de sortie en l'absence de gigue d'entrée

A l'étude.

2.2.4 Fonction de transfert en gigue

A l'étude.

2.3 Disponibilité

A l'étude.

3 Défaillances et dispositions correspondantes

A l'étude.

ANNEXE A

(à la Recommandation G.931)

Jonction à 3152 kbit/s

- A.1 L'interconnexion des signaux à 3152 kbit/s pour les besoins de la transmission est assurée par un répartiteur numérique.
- A.2 Les signaux sont transmis au débit de 3152 kbit/s, avec une tolérance de \pm 30 \times 10⁻⁶.
- A.3 On utilisera une paire torsadée symétrique dans chaque sens de transmission. Le jack du répartiteur connecté à une paire sur laquelle les signaux arrivent au répartiteur est le jack d'entrée.

Le jack du répartiteur connecté à une paire sur laquelle les signaux partent du répartiteur est appelé jack de sortie.

- A.4 L'impédance de charge pour les essais doit être résistive, d'une valeur de 100 ohms.
- A.5 Le code bipolaire (AMI) doit être utilisé. Afin d'assurer une information de rythme suffisante, la densité minimale des impulsions doit être égale à 1/8 sur 130 intervalles de temps consécutifs. Il est souhaitable que la densité nominale des impulsions soit à long terme égale à 0,5. Afin d'assurer aux systèmes des caractéristiques de gigue satisfaisantes, les circuits d'extraction de rythme doivent avoir un facteur de qualité, Q de 1200 ± 200 qui soit représentable par un seul réseau dûment accordé.
- A.6 La forme d'une impulsion isolée au jack de sortie ou au jack d'entrée doit répondre aux conditions spécifiées dans le tableau A-1/G.931. Pour cette jonction, il n'est pas nécessaire de prévoir un dépassement d'amplitude pour les impulsions.
- A.7 La tension de crête à crête produite dans un intervalle de temps contenant un zéro (absence d'impulsion) par les autres impulsions répondant aux spécifications du tableau A-1/G.931 n'excèdera pas 0,1 de la tension de crête de l'impulsion.

TABLEAU A-1/G.931

Jonction numérique à 3152 kbit/s

Emplace	ement	Répartiteur numérique					
Débit b	inaire	$3152 \text{ kbit/s} \pm 30 \times 10^{-6}$					
Paire(s)	dans chaque sens de transmission	Une paire torsadée symétrique					
Code		Bipolaire (AMI)					
Impéda	nce aux bornes pour les essais	100 ohms, résistive					
:	Forme nominale	Rectangulaire					
ctéristiques impulsions	Amplitude nominale	3,0 volts					
Caractéristiques des impulsions	Durée (à 50% de l'amplitude de l'impulsion)	159 ± 30 ns					
Cara	Temps de montée et de descente (entre 20% et 80% de l'amplitude de l'impulsion)	≤ 50 ns (la différence entre les temps de montée et de descente doit être 0 ± 20 ns)					
Puissance du signal (signal exclusivement composé de 1 mesurés dans une bande de 10 MHz)		16,53 ± 2 dBm (le rapport de puissance entre les impulsions + et les impulsions – doit être 0 ± 0,5 dB)					

9.4 Systèmes de ligne numérique sur des supports de transmission MRF

Recommandation G.941

SYSTÈMES DE LIGNE NUMÉRIQUE SUR DES SUPPORTS DE TRANSMISSION MRF

(Genève, 1980; modifiée par la suite)

Le CCITT,

considérant

- (a) qu'il est nécessaire de prévoir d'urgence des liaisons à longue distance, principalement pour les services autres que la téléphonie (par exemple, la transmission de données, la télécopie, la visiophonie) pour l'usage national et pour l'interfonctionnement international, et que ces services exigent une transmission numérique à des débits faibles et moyens (par exemple aux niveaux hiérarchiques primaire et secondaire):
- (b) que des liaisons à longue distance commencent à être disponibles mais que leur mise en œuvre universelle nécessitera un assez long délai;
- (c) qu'il est possible d'utiliser les liaisons MRF spécifiées dans la Recommandation G.211 [1], ou les fréquences dans la bande, ou au-dessus de la bande utilisée par les systèmes en ligne analogique MRF spécifiés à la section 3 des Recommandations de la série G, pour assurer des transmissions numériques et que certaines réalisations existent déjà;

émet la Recommandation

que les systèmes en ligne numérique sur des supports de transmission MRF devraient répondre aux conditions suivantes:

1 Caractéristiques générales

Deux méthodes de base peuvent être utilisées pour la transmission des signaux numériques sur les supports de transmission MRF:

- l'une consiste à utiliser une partie ou la totalité de la bande de fréquences normalement affectée aux systèmes MRF [système transmission numérique dans la bande téléphonique (TNBT)];
- l'autre consiste à utiliser une bande de fréquences extérieure à celle qui est normalement utilisée pour les systèmes MRF [système de transmission numérique supravocale (TNSV)].

L'interconnexion internationale devrait être effectuée aux niveaux hiérarchiques à l'aide des interfaces spécifiées dans la Recommandation G.703.

Etant donné que ces systèmes en ligne numérique sur des supports de transmission MRF pourraient faire partie d'un conduit numérique, leur qualité de fonctionnement en matière de taux d'erreur, de gigue et de disponibilité doit répondre aux spécifications des Recommandations pertinentes de la section 9 des Recommandations de la série G concernant les sections des lignes numériques aux débits binaires correspondants.

Les systèmes devraient être conçus de manière à satisfaire également aux caractéristiques de qualité requises du circuit analogique dans les Recommandations pertinentes.

Les Administrations souhaitant utiliser dans leurs réseaux des systèmes en ligne numérique sur des supports MRF devraient s'assurer de l'utilisation d'équipements compatibles à chaque extrémité d'une liaison. Les systèmes assurant des liaisons internationales devraient faire l'objet d'accords entre les Administrations intéressées.

Le supplément n° 28 traite de l'application de systèmes en ligne numérique sur des supports de transmission MRF pour l'interconnexion de réseaux numériques et de réseaux analogiques.

2 Systèmes de transmission numérique dans la bande téléphonique (TNBT)

2.1 Caractéristiques des systèmes TNBT assurant une transmission numérique à des débits binaires hiérarchiques sur des systèmes analogiques à courants porteurs spécifiés dans la Recommandation G.211 [1].

Remarque – Des exemples de systèmes hiérarchiques TNBT en ligne numérique figurent dans l'annexe A. Des exemples de systèmes TNBT en ligne numérique à des niveaux non hiérarchiques (ni dans les jonctions analogiques, ni dans les jonctions numériques) figurent dans l'annexe B.

2.1.1 Jonction numérique

La jonction numérique d'un système TNBT devrait se conformer aux paragraphes appropriés de la Recommandation G.703.

2.1.2 Jonction analogique

2.1.2.1 Bande de fréquences

La bande de fréquences servant à la transmission des signaux TNBT devrait être située dans la bande de fréquences spécifiée au § 1 de la Recommandation G.211.

2.1.2.2 Niveau de puissance

Le niveau de puissance relative au répartiteur devrait être conforme aux paragraphes appropriés de la Recommandation G.233.

Le niveau de puissance moyen du signal à large bande dans la bande de fréquences spécifiée au § 2.1.2.1 ne devrait pas excéder $-15 + 10 \log_{10} n$ dBm0, n étant le nombre total des voies téléphoniques dans le système analogique qui sont remplacées par les voies de données.

Le niveau de puissance d'une composante spectrale quelconque de la bande de fréquences spécifiée au § 2.1.2.1, prise isolément, ne devrait pas dépasser -10 dBm0 afin de limiter les effets de transmodulation.

2.1.3 Perturbations causées au signal analogique par le signal TNBT

Le bruit total distribué produit par le signal TNBT mesuré dans une bande quelconque de 3,1 kHz correspondant à une voie téléphonique extérieure à la bande de fréquences spécifiée au § 1 de la Recommandation G.211, devrait être inférieur à -73 dBm0p.

Le bruit sur une seule fréquence devrait être inférieur à -73 dBm0.

2.1.4 Qualité de fonctionnement des systèmes TNBT

Les caractéristiques de taux d'erreur, de gigue et de disponibilité devraient être conformes aux Recommandations appropriées de la série G.900.

2.2 Caractéristiques de la liaison analogique servant à la transmission des signaux TNBT

La liaison analogique servant à la transmission des signaux TNBT ne devrait pas comprendre plus de 3 transferts. Il peut s'avérer nécessaire d'éviter à la bande de signaux TNBT certains emplacements dans le système de transmission analogique à courants porteurs.

Remarque – On peut se référer aux Recommandations de la série H à propos des caractéristiques telles que la distorsion d'affaiblissement, la gigue de phase et la distorsion de temps de propagation de groupe.

3 Systèmes de transmission numérique supravocale (TNSV)

3.1 Caractéristiques des systèmes TNSV assurant une transmission à 2048 kbit/s sur des systèmes en ligne analogique MRF définis dans les Recommandations G.332 [2], G.334 [3], G.344 [4], G.345 [5] et G.346 [6]

3.1.1 Jonction numérique

La jonction numérique des systèmes TNSV doit être conforme au § 6 de la Recommandation G.703.

3.1.2 Perturbations causées au signal analogique par le signal TNSV

La contribution au bruit total réparti, due au signal TNSV, mesurée dans une bande quelconque de 4 kHz doit être inférieure à 750 pW0p pour une longueur de référence de 2500 km (< 0,3 pW0p/km).

Remarque – Le bruit total réparti de la ligne en présence de signaux analogiques et de signaux TNSV devrait être inférieur à 7500 pW0p pour une longueur de référence de 2500 km (< 3 pW0p/km).

Le bruit sur une seule fréquence devrait être inférieur à -70 dBm0.

3.1.3 Qualité de fonctionnement des systèmes TNSV

Les caractéristiques de taux d'erreur, de gigue et de disponibilité devraient être conformes aux spécifications de la Recommandation G.921.

3.2 Caractéristiques des systèmes en ligne MRF utilisés pour la transmission des signaux TNSV

Afin de permettre le transfert de signaux TNSV sur des systèmes en ligne MRF, il convient de supprimer les signaux analogiques erratiques à l'intérieur de la bande de fréquences des signaux TNSV avant le point de couplage, jusqu'à un niveau de puissance de -60 dBm0 dans une bande passante de 4 kHz.

ANNEXE A

(à la Recommandation G.941)

Exemples de systèmes TNBT hiérarchiques

Administration	Liaison numérique	Liaison analogique	Qualité de fonctionnement des systèmes TNBT
NTT	1544 kbit/s Rec. G.703, § 2	Groupe tertiaire (812-2044 kHz)	Rec. G.911
RFA	2048 kbit/s Rec. G.703, § 6	Groupe tertiaire (812-2044 kHz)	Rec. G.921
NTT	6312 kbit/s Rec. G.703, § 3	Groupe tertiaire (812-2044 kHz)	Rec. G.912
RFA	8448 kbit/s Rec. G.703, § 7	Groupe quaternaire (8516-12 388 kHz)	Rec. G.921
Italie	8448 kbit/s Rec. G.703, § 7	Assemblage de 15 groupes secondaires (312-4028 kHz)	Rec. G.921

ANNEXE B

(à la Recommandation G.941)

Exemples de systèmes différents des systèmes préconisés dans la Recommandation G.941 (voir la remarque 1)

Administration	Débit binaire en kbit/s	Jonction analogique	Taux d'erreur sur les bits pour la section de régénération		
France (voir la remarque 2)	704	Groupe secondaire (312-552 kHz)	10-8		
Pays-Bas	2048	2 groupes secondaires	10-8		

Remarque 1 — Les Recommandations V.36 et V.37 traitent des modems employés pour transmettre des signaux numériques à 48-72 kbit/s ou à des débits binaires deux fois plus rapides.

Remarque 2 — La liaison numérique de cet équipement TNBT a un débit de 2048 kbit/s, conformément au § 6 de la Recommandation G.703; sa structure de trame est conforme au § 3.3.1 de la Recommandation G.704. Sur les 32 intervalles de temps, 11 seulement (dont l'intervalle de temps 0) sont effectivement utilisés: le débit binaire utile est alors égal à 10 fois 64 kbit/s. Les autres caractéristiques de ce système TNBT correspondent aux spécifications énoncées dans le § 2 de cette Recommandation.

Références

- [1] Recommandation du CCITT Constitution d'une liaison à courants porteurs, tome III, Rec. G.211.
- [2] Recommandation du CCITT Systèmes à 12 MHz sur paires coaxiales normalisées 2,6/9,5 mm, tome III, Rec. G.332.
- [3] Recommandation du CCITT Systèmes à 18 MHz sur paires coaxiales normalisées 2,6/9,5 mm, tome III, Rec. G.334.
- [4] Recommandation du CCITT Systèmes à 6 MHz sur paires coaxiales normalisées 1,2/4,4 mm, tome III, Rec. G.344.
- [5] Recommandation du CCITT Systèmes à 12 MHz sur paires coaxiales normalisées 1,2/4,4 mm, tome III, Rec. G.345.
- [6] Recommandation du CCITT Systèmes à 18 MHz sur paires coaxiales normalisées de 1,2/4,4 mm, tome III, Rec. G.346.

9.5 Systèmes de ligne numérique

Recommandation G.950

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LES SYSTÈMES DE LIGNE NUMÉRIQUE

(Malaga-Torremolinos, 1984; modifiée à Melbourne, 1988)

1 Introduction

Les systèmes de ligne numérique sont les moyens qui permettent d'établir des sections de ligne numérique. Les Recommandations relatives aux systèmes de ligne numérique peuvent spécifier pour les sections de ligne numérique fonctionnant à un débit binaire donné, le support et la technique de transmission spécifiques à utiliser (par exemple: câble coaxial, transmission régénératrice, etc.). Les caractéristiques de qualité de transmission des systèmes de ligne numérique représentent des directives établies à l'intention des concepteurs et utilisateurs de systèmes (objectifs de conception des équipements), et elles peuvent être spécifiées en fonction de conduits numériques fictifs ayant une constitution bien définie.

Tous les systèmes de ligne numérique fonctionnant sur le même support à un débit binaire donné doivent respecter les caractéristiques de la section de ligne numérique fonctionnant au même débit.

2 Caractéristiques générales des systèmes de ligne numérique

Les caractéristiques générales ci-après s'appliquent à tous les systèmes de ligne numérique en câbles à paires métalliques et, selon le cas, moyennant une interprétation appropriée, aux systèmes en câbles à fibres optiques.

2.1 Conditions relatives à l'environnement

2.1.1 Conditions climatiques

On trouvera dans la Publication n° 721 de la CEI des données concernant la classification des contraintes climatiques qui peuvent affecter les équipements en surface. Pour les conditions relatives aux équipements enterrés et les renseignements complémentaires sur les équipements en surface, un complément d'étude est nécessaire.

Remarque – On trouvera dans le supplément n° 34 des renseignements sur les conditions climatiques dans les coffrets des répéteurs enterrés.

2.1.2 Pressurisation

Les répéteurs de systèmes de ligne numérique peuvent fonctionner dans des coffrets pressurisés.

2.1.3 Protection contre les tensions et les courants induits

Les répéteurs, les terminaux de ligne et le dispositif d'alimentation en énergie doivent être protégés contre les tensions et courants induits (causés par la foudre ou ayant une autre origine), conformément aux dispositions de la Recommandation K.17.

Le système doit être physiquement protégé contre les tensions et courants induits indiqués ci-dessus de façon à ne subir aucun dommage. En outre, la qualité de fonctionnement du système ne doit pas être affectée d'une manière négative par les tensions et courants induits permanents, bien qu'elle puisse être affectée par des surtensions transitoires pendant la durée de ces surtensions, et dans certaines circonstances.

De plus, on trouvera des informations relatives à ces problèmes dans les directives du CCITT [1].

2.1.4 Protection contre les perturbations provenant d'autres sources

La qualité de fonctionnement des systèmes de ligne numérique ne doit pas être affectée de manière significative par les perturbations provenant de sources internes aux stations, telles que les lampes fluorescentes, les outils, les équipements de ventilation, etc., et en particulier les sources créant des perturbations du type à impulsions. Il faudrait aussi éviter les baisses de qualité de fonctionnement dues aux émetteurs de radiocommunication et de radiodiffusion.

Remarque – Le supplément n° 27 donne quelques informations sur les mesures qui peuvent permettre de réduire les effets des perturbations, et sur les méthodes de mesure relatives aux perturbations.

2.1.5 Perturbations causées à d'autres systèmes

Les émissions par conduction et rayonnement ne doivent pas causer de perturbations à d'autres équipements ni aux services de radiocommunication et de radiodiffusion. Les systèmes de ligne numérique doivent en particulier coexister dans le même câble avec d'autres systèmes de ligne numérique et analogique. (Cependant, certaines restrictions pourraient être nécessaires en cas d'utilisation simultanée de systèmes de ligne différents sur des câbles à paires symétriques.)

Référence

[1] Manuel du CCITT Directives concernant la protection des lignes de télécommunications contre les effets préjudiciables des réseaux électriques et des lignes de chemin de fer électrifiées, UIT, Genève 1988.

Recommandation G.951

SYSTÈMES DE LIGNE NUMÉRIQUE FONDÉS SUR LA HIÉRARCHIE À 1544 kbit/s SUR CÂBLES À PAIRES SYMÉTRIQUES

(Malaga-Torremolinos, 1984; modifiée à Melbourne, 1988)

1 Considérations générales

La présente Recommandation traite des systèmes de ligne numérique pour transmission de signaux fondés sur la hiérarchie à 1544 kbit/s en câbles à paires symétriques, et concerne les systèmes fonctionnant aux débits binaires suivants:

1544 kbit/s

3152 kbit/s

6312 kbit/s.

2 Support de transmission

Les systèmes peuvent fonctionner sur des câbles à paires symétriques de différentes constructions et de différents diamètres de fil, y compris ceux donnés dans les Recommandations G.611, G.612 et G.613.

3 Protection contre les perturbations d'origine externe

Les systèmes de ligne numérique peuvent être affectés par des perturbations provenant de circuits téléphoniques utilisant un même câble, et aussi par un commutateur quand des répéteurs sont installés dans des centres de commutation. On peut citer, à titre d'exemples de moyens permettant de réduire l'effet de ce type de perturbations, la réduction de la longueur de la section élémentaire régénérée au voisinage des centres de commutation, la séparation des paires, l'utilisation de codes en ligne particuliers, etc.

4 Caractéristiques globales de conception

4.1 Disponibilité

L'objectif de disponibilité du système doit être établi compte tenu des caractéristiques de disponibilité de la section numérique fictive de référence telle que donnée dans le projet de Recommandation G.801.

4.2 Fiabilité

Les valeurs MTBF doivent être spécifiées pour l'ensemble du système de ligne, compte tenu des caractéristiques de disponibilité.

4.3 Facteurs de bruit diaphonique du répéteur

Les valeurs du bruit diaphonique du répéteur sont définies et les techniques de mesure suggérées dans l'annexe A. Le bruit diaphonique mesure la qualité de fonctionnement des régénérateurs numériques qui sont soumis à un brouillage diaphonique. Il est fonction du taux d'erreur sur les bits (TEB), du code en ligne du système, des caractéristiques du câble, des conditions ambiantes et de l'affaiblissement dû à l'espacement des répéteurs A_0 (à la demi-rapidité de modulation du système de ligne).

Pour un TEB de 10^{-x} et sur un intervalle d'affaiblissement $A_1 \le A_0 \le A_2$, le bruit diaphonique doit répondre aux spécifications suivantes:

- a) bruit paradiaphonique $[R_N] \leq CA_0 + D^*$
- b) bruit télédiaphonique $[R_F] \leq E^*$.
- * Il n'a pas été possible de recommander de valeurs spécifiques pour les paramètres x, A_1 , A_2 , C, D et E.

4.4 Taux d'erreur

Il convient de fixer l'objectif de conception pour le taux d'erreur de chaque répéteur en tenant compte des objectifs de qualité de fonctionnement du réseau, donnés dans la Recommandation G.821.

5 Caractéristiques spécifiques de conception

5.1 Type d'alimentation en énergie

Bien que le CCITT ne recommande pas l'emploi d'un système de téléalimentation particulier pour ce système de ligne symétrique, le seul système appliqué en pratique est le système d'alimentation à courant continu constant par le circuit fantôme des deux paires symétriques.

Ce système en câble symétrique risque d'être soumis à des tensions et des courants induits provoqués par la foudre, les lignes électriques, les chemins de fer, etc.

Il faut prendre des précautions afin de protéger le personnel de tout danger provenant des tensions normales de fonctionnement et des courants de téléalimentation, ainsi que des tensions et courants induits.

De nombreuses Administrations ont publié des dispositions réglementaires détaillées en vue de la protection des personnes. Leur respect est, dans la plupart des cas, obligatoire. D'autre part, les directives du CCITT [1] donnent des indications à ce sujet.

Il faut également protéger les installations contre les tensions et les courants induits; elles doivent donc être conçues de telle manière qu'elles satisfassent aux essais indiqués dans la Recommandation K.17 [2].

5.2 Espacement des répéteurs et remplissage des câbles

On ne peut recommander un espacement spécifique, mais l'annexe B de la présente Recommandation contient des considérations générales sur la planification des systèmes.

5.3 Principes de maintenance

5.3.1 Type de supervision et de localisation des dérangements

On peut utiliser la surveillance en service ou la localisation des dérangements hors service.

5.3.2 Défaillances et dispositions correspondantes

Les dispositions indiquées dans le présent paragraphe doivent s'ajouter à celles recommandées pour les sections de ligne numérique.

ANNEXE A

(à la Recommandation G.951)

Définition et mesure du facteur de bruit diaphonique des répéteurs

A.1 Définition

a) Bruit paradiaphonique $[R_N]$

$$[R_N] = [I_N] - [N_0]$$

$$I_N = \int_0^\infty |f/f_0|^{3/2} |E(f)|^2 P(f) df,$$

- I_N = moyenne quadratique de la tension de bruit paradiaphonique produite par un régénérateur brouilleur unique qui apparaîtrait au point de décision si l'affaiblissement paradiaphonique était de 0 dB à la demi-rapidité de modulation du système de ligne.
- No = moyenne quadratique de la tension de brouillage paradiaphonique au point de décision produisant le taux d'erreur de référence; sa valeur dépend des paramètres qui influent sur le processus de décision et reflète les dégradations dues au brouillage entre symboles et aux décalages par rapport à la position optimale des seuils de décision et des instants d'échantillonnage au point de régénération.
- E(f) = fonction de transfert de fréquence de l'égaliseur du régénérateur.
- P(f) = densité spectrale de puissance (unilatérale) du code en ligne du système de ligne.
- f₀ = demi-rapidité de modulation du système de ligne.

Les valeurs entre crochets sont exprimées en dB, c'est-à-dire:

$$[X] = 10 \log_{10} |X|$$

b) Bruit télédiaphonique $[R_F]$

$$[R_F] = [I_F] - [N_0]$$

$$I_F = \int_0^\infty \left| f/f_0 \right|^2 \left| E(f) \right|^2 \left| G(f) \right|^2 P(f) df,$$

 I_F = moyenne quadratique de la tension de bruit télédiaphonique produite par un régénérateur brouilleur unique qui apparaîtrait au point de décision si l'affaiblissement télédiaphonique était de 0 dB à la demi-rapidité de modulation du système de ligne.

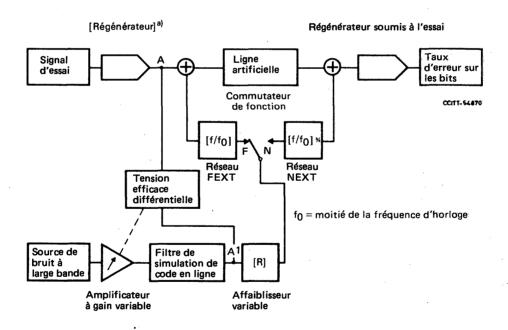
- No = moyenne quadratique de la tension de brouillage paradiaphonique au point de décision produisant le taux d'erreur de référence; sa valeur dépend des paramètres qui influent sur le processus de décision et reflète les dégradations dues au brouillage entre symboles et aux décalages par rapport à la position optimale des seuils de décision et des instants d'échantillonnage au point de régénération.
- E(f), P(f), f_0 ont les mêmes valeurs qu'en a)
- G(f) = fonction de transfert de fréquence du câble.

A.2 Mesure

La méthode a) est directement liée à la définition du facteur de bruit diaphonique et est donc la méthode de référence. Les méthodes b) et c) sont les autres méthodes pratiquement utilisables. La méthode c) évite l'utilisation d'un filtre sélectif.

Méthode a)

On peut mesurer le bruit paradiaphonique et le bruit télédiaphonique en utilisant le montage représenté sur la figure A-1/G.951, le commutateur de fonction étant placé respectivement sur la position N et la position F. La mesure consiste à rendre égales les tensions efficaces en A et A^1 , à régler la ligne artificielle à l'affaiblissement A_0 souhaité, puis à régler l'affaiblisseur variable de manière à obtenir la valeur désirée du taux d'erreur sur les bits, soit 10^{-x} . La valeur indiquée par l'affaiblisseur, [R] dB, est alors le bruit paradiaphonique ou le bruit télédiaphonique pour ces valeurs de A_0 et du taux d'erreur sur les bits.



a) Le régénérateur peut être supprimé si le générateur de signaux d'essai délivre des impulsions de forme appropriée.

FIGURE A-1/G.951

Mesure des facteurs de bruit paradiaphonique (NEXT) et télédiaphonique (FEXT)

On peut mesurer le bruit paradiaphonique $[R_N]$ au moyen d'appareils de mesure du «rapport signal/bruit» à l'entrée réglés en «mode manuel», et en effectuant des mesures extérieures avec un filtre sélectif; voir la figure A-2/G.951. On procède de la façon suivante:

- i) on règle la ligne artificielle à l'affaiblissement 0 dB et, en employant le filtre sélectif, on mesure la puissance du signal d'essai $[S_0]$ dBm;
- ii) on règle la ligne artificielle à l'affaiblissement A_0 souhaité, on ajuste l'affaiblisseur variable jusqu'à ce qu'on obtienne le taux d'erreur sur les bits souhaité de 10^{-x} , on arrête le signal d'essai et, en employant le filtre sélectif, on mesure la puissance du bruit [P] dBm;
- iii) on obtient alors $[R_N] = [S_0] [P]$ pour les valeurs désirées de A_0 et du taux d'erreur sur les bits.

Remarque – On doit mesurer l'effet négatif de la gigue de rythme sur les valeurs du bruit paradiaphonique et du bruit télédiaphonique en superposant une gigue appropriée au signal d'essai.

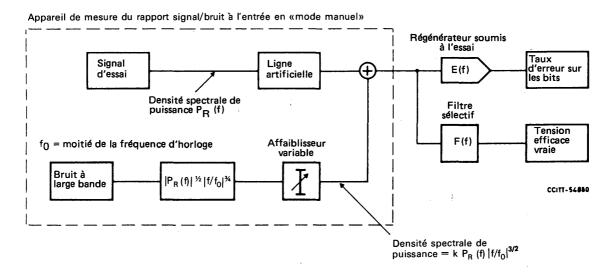


FIGURE A-2/G.951

Mesure du facteur de bruit paradiaphonique au moyen d'un appareil de mesure du rapport signal/bruit à l'entrée

Méthode c)

On peut mesurer le bruit paradiaphonique $[R_N]$ en utilisant des appareils de mesure du «rapport signal/bruit» à l'entrée en «mode manuel» avec l'insertion d'un affaiblisseur variable supplémentaire entre le signal d'essai et la ligne artificielle, comme illustré dans la figure A-3/G.951.

La procédure de mesure est la suivante:

- i) on règle la ligne artificielle à l'affaiblissement 0 dB et l'affaiblisseur variable supplémentaire à l'affaiblissement A dB;
- ii) on ajuste l'amplificateur à gain variable jusqu'à ce que le niveau de puissance de l'entrée de l'affaiblisseur variable soit égal à [Q1] A dB, le niveau de puissance de sortie de la ligne artificielle;
- iii) on règle la ligne artificielle à l'affaiblissement A dB et l'affaiblisseur variable supplémentaire à l'affaiblissement 0 dB;

- iv) on ajoute l'affaiblisseur variable jusqu'à ce que le $TEB = 10^{-x}$ souhaité soit atteint. La valeur d'affaiblissement de l'affaiblisseur est $[\alpha N]$ dB;
- v) on calcule $[R_N] = [\alpha N] + A [W_N]$

où
$$[W_N] = 10 \log_{10} \left[\int_0^\infty P_R(f) df / \int_0^\infty \left| \frac{f}{f_0} \right|^{3/2} P_R(f) df \right]$$

dans laquelle $P_R(f)$ = densité spectrale de puissance (d'un seul côté) du code en ligne.

Il serait préférable d'obtenir W_N en procédant à des mesures. Il va de soi que la valeur de W_N peut également être calculée selon $P_R(f)$ d'AMI ou de HDB₃ dans une certaine gamme de fréquences, par exemple, $W_N = -3.59$ dB dans la gamme de 0 à 10 240 kHz.

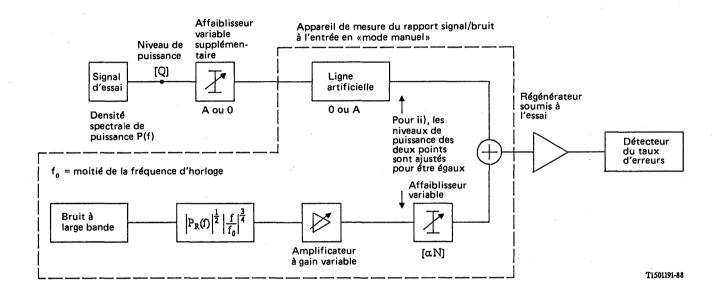


FIGURE A-3/G.951

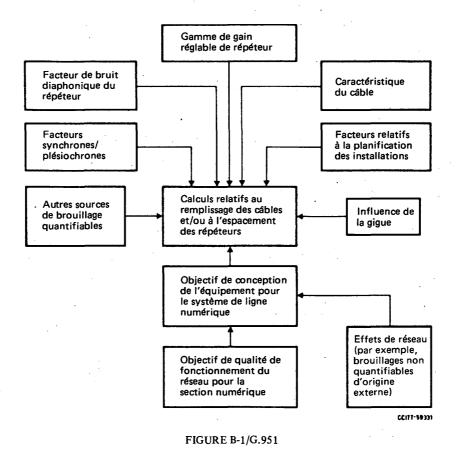
Mesure du facteur de bruit paradiaphonique au moyen d'un appareil de mesure du rapport signal/bruit à l'entrée

ANNEXE B

(à la Recommandation G.951)

Conseils pour atteindre les objectifs de taux d'erreur dans des conditions satisfaisantes

B.1 Pour atteindre les objectifs de qualité de fonctionnement, il faut tenir compte de plusieurs facteurs liés les uns aux autres. La figure B-1/G.951 schématise l'interdépendance de tous les facteurs qui jouent un rôle dans ce domaine. Les principes sur lesquels on s'appuie pour formuler des directives en matière de planification des systèmes de ligne numérique dépendent de l'Administration. Certaines Administrations, par exemple, peuvent disposer de câbles ayant des caractéristiques favorables, alors qu'en même temps, le réseau peut être affecté par d'importants brouillages, non quantifiables (effets de réseau). Les Administrations doivent donc se faire une opinion sur l'importance de chaque effet dans leur réseau et formuler pour l'utilisation des câbles des directives répondant aux impératifs de taux d'erreur de la section de ligne numérique.



Facteurs influant sur le taux d'erreur d'un système de ligne numérique en paires symétriques

Les remarques ci-après mettent en évidence un certain nombre de considérations importantes relatives à la formulation de directives pour la planification des installations du système.

Remarque 1 — Dans l'établissement de directives pour l'utilisation des câbles, le facteur de bruit diaphonique est le seul paramètre décrivant la qualité intrinsèque du régénérateur dans des conditions de brouillage diaphonique. Ce paramètre, qui est fondé sur la moyenne de la densité spectrale de puissance du brouillage diaphonique total, fournit une approximation utile à l'immunité du système contre la diaphonie des trains de données plésiochrones, et il est la mesure correcte pour les trains de données synchrones sous réserve que les phases des systèmes perturbateurs aient été rendues aléatoires. Il est également fondé sur la présemption de données aléatoires sur les systèmes perturbateurs et ne peut donc pas être appliqué dans le cas de schémas de données répétitifs. Toutefois, l'utilisation d'embrouilleurs fait effectivement apparaître presque tous les schémas de données comme aléatoires [3].

Remarque 2 — En exploitation, les régénérateurs peuvent être affectés par des brouillages d'une autre origine qu'il est difficile de quantifier et qui peuvent causer des erreurs. Dans certains cas, on a pu quantifier des mécanismes de brouillage, et les spécifications nationales fournissent des limites appropriées et des procédures d'essai. Ces questions sont actuellement à l'étude au CCITT, et, une fois acquise une expérience d'exploitation, il sera peut-être possible d'introduire d'autres essais tenant compte de ces autres mécanismes de brouillage.

Remarque 3 — L'utilisation maximale des câbles doit être en conformité avec les objectifs de qualité de fonctionnement du réseau. Pour atteindre ces objectifs, les Administrations peuvent adopter l'une des approches suivantes:

- i) lorsque les Administrations sont en mesure de juger de l'importance des «effets de réseau», les calculs relatifs au remplissage des câbles devraient se fonder sur un objectif déterminé en retranchant les «effets de réseau» de l'objectif de qualité de fonctionnement du réseau;
- ii) lorsque les Administrations ne sont pas en mesure de juger de l'importance des effets de réseau, les calculs relatifs au remplissage des câbles devraient se fonder sur l'objectif de conception de l'équipement.

Remarque 4 – L'utilisation d'un code de débit réduit pour les symboles en ligne assure des conditions plus favorables en ce qui concerne la diaphonie, et cela influera sur les calculs relatifs au remplissage des câbles.

Remarque 5 — Lorsqu'on passe d'une exploitation de réseau plésiochrone à une exploitation synchrone, certains couplages diaphoniques de câbles et mises en phase relatives des horloges des systèmes aboutissent à des augmentations des marges des systèmes alors que d'autres aboutissent à des marges de systèmes réduites jusqu'à un maximum de 3 dB pour les systèmes pratiques. On estime qu'il y plus de cas où la marge est accrue que de cas où elle est réduite et qu'il n'est donc pas nécessaire d'introduire une marge supplémentaire lorsqu'on passe de l'exploitation plésiochrone à l'exploitation synchrone [3].

Des embrouilleurs peuvent être utilisés pour garantir que le brouillage provenant de plusieurs séquences répétitives identiques ne dépasse pas les niveaux résultant des données aléatoires.

Références

- [1] Manuel du CCITT Directives concernant la protection des lignes de télécommunications contre les effets préjudiciables des réseaux électriques et des lignes de chemin de fer électrifiées, UIT, Genève, 1988.
- [2] Recommandation du CCITT Essais à exécuter sur des répéteurs téléalimentés à composants à état solide pour vérifier l'efficacité des mesures de protection contre les perturbations extérieures, tome IX, Rec. K.17.
- [3] SMITH, B. M. et POTTER, P. G. Design Criteria for Crosstalk Interference between Digital Signals in Multipair Cables, *IEEE Trans. Commun.*, Vol. COM-34, n° 6, juin 1986.

Recommandation G.952

SYSTÈMES DE LIGNE NUMÉRIQUE FONDÉS SUR LA HIÉRARCHIE À 2048 kbit/s SUR CÂBLES À PAIRES SYMÉTRIQUES

(Malaga-Torremolinos, 1984: modifiée à Melbourne, 1988)

1 Considérations générales

La présente Recommandation traite des systèmes de ligne numérique pour transmission de signaux fondés sur la hiérarchie à 2048 kbit/s en câbles à paires symétriques, et concerne les systèmes fonctionnant aux débits binaires suivants:

2 048 kbit/s

8 448 kbit/s

34 368 kbit/s.

On trouvera dans la Recommandation G.921 les spécifications de qualité de transmission globale et relatives aux interfaces des sections de ligne numérique correspondantes.

2 Support de transmission

Les systèmes peuvent fonctionner sur des câbles à paires symétriques de différentes constructions et de différents diamètres de fil, y compris ceux dont traitent les Recommandations G.611, G.612 et G.613.

Remarque – Les systèmes à 34 368 kbit/s doivent fonctionner sur des câbles de haute qualité et peuvent exiger un câble pour chaque sens de transmission.

3 Protection contre les perturbations d'origine externe

Les systèmes de ligne numérique peuvent être affectés par des perturbations provenant de circuits téléphoniques utilisant un même câble, et aussi par un commutateur lorsque des répéteurs sont installés dans des centres de commutation. On peut citer à titre d'exemples de moyens permettant de réduire l'effet de ce type de perturbation la réduction de la longueur de la section élémentaire régénérée au voisinage des centres de commutation, la séparation des paires, l'utilisation de codes en ligne particuliers, etc.

4 Caractéristiques globales de conception

4.1 Disponibilité

L'objectif de disponibilité du système doit être établi compte tenu des caractéristiques de disponibilité de la section numérique fictive de référence telle que donnée dans le projet de Recommandation G.801.

4.2 Fiabilité

Les valeurs MTBF doivent être spécifiées pour l'ensemble du système de ligne compte tenu des caractéristiques de disponibilité.

4.3 Facteurs de bruit diaphonique du répéteur

Les valeurs du bruit diaphonique du répéteur sont définies et les techniques de mesure suggérées dans l'annexe A. Le bruit diaphonique mesure la qualité de fonctionnement des régénérateurs numériques qui sont soumis à un brouillage diaphonique. Il est fonction du taux d'erreur sur les bits (TEB), du code en ligne du système des caractéristiques du câble, des conditions ambiantes et de l'affaiblissement dû à l'espacement des répéteurs A_0 (à la demi-rapidité de modulation du système de ligne).

Pour un taux d'erreur sur les bits de 10^{-x} et sur un intervalle d'affaiblissement $A_1 \le A_0 \le A_2$, le bruit diaphonique doit répondre aux spécifications suivantes:

- a) bruit paradiaphonique $[R_N] \leq CA_0 + D^*$
- b) bruit télédiaphonique $[R_F] \leq E^*$.
- * Il n'a pas été possible de recommander de valeurs spécifiques pour les paramètres x, A_1 , A_2 , C, D et E

Le tableau ci-dessous donne des exemples des facteurs de bruit utilisés par certaines Administrations pour les systèmes à 2 Mbit/s.

Exemple	x	A_1	A_2	С	D	E	Méthode d'essai
i	6	5	40	1,1	14,7	17,5	a
ii	7 .	10	40	1,0	19	-	ь
iii	7	7	38	1,0	18	· <u></u>	ь

Remarque 1 - Dans l'exemple ii, on utilise un filtre à fréquence centrale 1020 kHz et ayant une largeur de bande de 3,1 kHz.

Remarque 2 - Les valeurs indiquées ne tiennent pas compte des effets de la gigue.

4.4 Taux d'erreur

Il convient de fixer l'objectif de conception pour le taux d'erreur de chaque répéteur en tenant compte des objectifs de qualité de fonctionnement du réseau, donnés dans la Recommandation G.821.

5 Caractéristiques spécifiques de conception

5.1 Type d'alimentation en énergie

Bien que le CCITT ne recommande pas l'emploi d'un système de téléalimentation particulier pour ce système de ligne symétrique, le seul système appliqué en pratique est le système d'alimentation à courant continu constant par le circuit fantôme des deux paires symétriques.

Ce système en câble symétrique risque d'être soumis à des tensions et des courants induits provoqués par la foudre, les lignes électriques, les chemins de fer, etc.

Il faut prendre des précautions afin de protéger le personnel de tout danger provenant des tensions normales de fonctionnement et des courants de téléalimentation ainsi que des tensions et courants induits.

De nombreuses Administrations ont publié des dispositions réglementaires détaillées en vue de la protection des personnes. Leur respect est dans la plupart des cas obligatoire. D'autre part, les directives du CCITT [1] donnent des indications à ce sujet.

Il faut également protéger les installations contre les tensions et les courants induits; elles doivent donc être conçues de telle manière qu'elles satisfassent aux essais indiqués dans la Recommandation K.17 [2].

5.2 Espacement des répéteurs et remplissage des câbles

On ne peut recommander un espacement spécifique, mais l'annexe B de la présente Recommandation contient des considérations générales sur la planification des systèmes.

5.3 Principes de maintenance

5.3.1 Type de supervision et de localisation des dérangements

On peut utiliser la surveillance en service ou la localisation des dérangements hors service.

5.3.2 Défaillances et dispositions correspondantes

Indépendamment des défaillances qui sont spécifiées dans la Recommandation G.921 pour les sections numériques pertinentes, il convient de détecter les défaillances suivantes et de prendre les dispositions correspondantes qu'elles appellent:

- a) défaillance de téléalimentation –
 une alarme de maintenance doit être promptement déclenchée, si possible;
- b) dépassement du seuil de taux d'erreur ce seuil est de 1 · 10⁻⁵ pour les systèmes à 2048 et à 8448 kbit/s et de 1 · 10⁻⁶ pour les systèmes à débit binaire plus élevé;

une alarme de maintenance différée doit être déclenchée pour avertir que la qualité se détériore.

ANNEXE A

(à la Recommandation G.952)

Définition et mesure du facteur de bruit diaphonique des récepteurs

A.1 Définition

a) Bruit paradiaphonique $[R_N]$

$$[R_N] = [I_N] - [N_0]$$

$$I_N = \int_0^\infty \left| f/f_0 \right|^{3/2} \left| E(f) \right|^2 P(f) df$$

- I_N = moyenne quadratique de la tension de bruit paradiaphonique produite par un régénérateur brouilleur unique qui apparaîtrait au point de décision si l'affaiblissement paradiaphonique était de 0 dB à la demi-rapidité de modulation du système de ligne.
- No = moyenne quadratique de la tension de brouillage paradiaphonique au point de décision produisant le taux d'erreur de référence; sa valeur dépend des paramètres qui influent sur le processus de décision et reflète les dégradations dues au brouillage entre symboles et aux décalages par rapport à la position optimale des seuils de décision et des instants d'échantillonnage au point de régénération.

E(f) = fonction de transfert de fréquence de l'égaliseur du régénérateur.

P(f) = densité spectrale de puissance (unilatérale) du code en ligne du système de ligne.

 f_0 = demi-rapidité de modulation du système de ligne.

Les valeurs entre crochets sont exprimées en dB, c'est-à-dire

$$[X] = 10 \log_{10} |X|.$$

b) Bruit télédiaphonique $[R_F]$

$$[R_F] = [I_F] - [N_0]$$

$$I_F = \int_0^\infty \left| f/f_0 \right|^2 \left| E(f) \right|^2 \left| G(f) \right|^2 P(f) df$$

I_F = moyenne quadratique de la tension de bruit télédiaphonique produite par un régénérateur brouilleur unique qui apparaîtrait au point de décision si l'affaiblissement télédiaphonique était de 0 dB à la demi-rapidité de modulation du système de ligne.

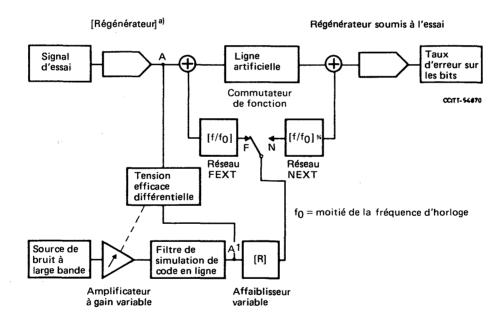
- N₀ = moyenne quadratique de la tension de brouillage paradiaphonique au point de décision produisant le taux d'erreur de référence; sa valeur dépend des paramètres qui influent sur le processus de décision et reflète les dégradations dues au brouillage entre symboles et aux décalages par rapport à la position optimale des seuils de décision et des instants d'échantillonnage au point de régénération.
- E(f), P(f), f_0 ont les mêmes valeurs qu'en a)
- G(f) = fonction de transfert de fréquence du câble.

A.2 Mesure

La méthode a) est directement liée à la définition du facteur de bruit diaphonique et est donc la méthode de référence. Les méthodes b) et c) sont les autres méthodes pratiquement utilisables. La méthode c) évite l'utilisation d'un filtre sélectif.

Méthode a)

On peut mesurer le bruit paradiaphonique et le bruit télédiaphonique en utilisant le montage représenté sur la figure A-1/G.952, le commutateur de fonction étant placé respectivement sur la position N et la position F. La mesure consiste à rendre égales les tensions efficaces en A et A_1 , à régler la ligne artificielle à l'affaiblissement A_0 souhaité, puis à régler l'affaiblisseur variable de manière à obtenir la valeur désirée du taux d'erreur sur les bits, soit 10^{-x} . La valeur indiquée par l'affaiblisseur, [R] dB, est alors le bruit paradiaphonique ou le bruit télédiaphonique pour ces valeurs de A_0 et du taux d'erreur.



a) Le régénérateur peut être supprimé si le générateur de signaux d'essai délivre des impulsions de forme appropriée.

FIGURE A-1/G.952

Mesure des facteurs de bruit paradiaphonique (NEXT) et télédiaphonique (FEXT)

On peut mesurer le bruit paradiaphonique $[R_N]$ au moyen d'appareils de mesure du «rapport signal/bruit» à l'entrée réglés en «mode manuel», et en effectuant des mesures extérieures avec un filtre sélectif; voir la figure A-2/G.952. On procède de la façon suivante:

- i) On règle la ligne artificielle à l'affaiblissement 0 dB et, en employant le filtre sélectif, on mesure la puissance du signal d'essai $[S_0]$ dBm.
- ii) On règle la ligne artificielle à l'affaiblissement A_0 souhaité, on ajuste l'affaiblisseur variable jusqu'à ce qu'on obtienne le taux d'erreur sur les bits souhaité de 10^{-x} , on arrête le signal d'essai et, en employant le filtre sélectif, on mesure la puissance du bruit [P] dBm.
- iii) On obtient alors $[R_N] = [S_0] [P]$ pour les valeurs désirées de A_0 et du taux d'erreur sur les bits.

Remarque – On doit mesurer l'effet négatif de la gigue de rythme sur les valeurs du bruit paradiaphonique et du bruit télédiaphonique en superposant une gigue appropriée au signal d'essai.

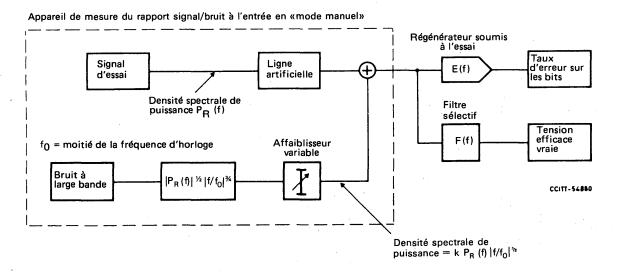


FIGURE A-2/G.952

Mesure du facteur de bruit paradiaphonique au moyen d'un appareil de mesure du rapport signal/bruit à l'entrée

Méthode c)

On peut mesurer le bruit paradiaphonique $[R_N]$ en utilisant des appareils de mesure du rapport signal/bruit à l'entrée en «mode manuel» avec l'insertion d'un affaiblisseur variable supplémentaire entre le signal d'essai et la ligne artificielle, comme illustré dans la figure A-3/G.952.

La procédure de mesure est la suivante:

- i) on règle la ligne artificielle à l'affaiblissement 0 dB et l'affaiblisseur variable supplémentaire à l'affaiblissement A dB;
- ii) on ajuste l'amplificateur à gain variable jusqu'à ce que le niveau de puissance de l'entrée de l'affaiblisseur variable soit égal à [Q1] A dB, le niveau de puissance de sortie de la ligne artificielle;
- iii) on règle la ligne artificielle à l'affaiblissement A dB et l'affaiblisseur variable supplémentaire à l'affaiblissement 0 dB;
- iv) on ajoute l'affaiblisseur variable jusqu'à ce que le $TEB = 10^{-x}$ souhaité soit atteint. La valeur d'affaiblissement de l'affaiblisseur est $[\alpha N]$ dB;

v) on calcule $[R_N] = [\alpha N] + A - [W_N]$

où
$$[W_N] = 10 \log_{10} \left[\int_{0}^{\infty} P_R(f) df / \int_{0}^{\infty} \left| \frac{f}{f_0} \right|^{3/2} P_R(f) df \right]$$

dans laquelle $P_R(f)$ = densité spectrale de puissance (d'un seul côté) du code en ligne.

Il serait préférable d'obtenir W_N en procédant à des mesures. Il va de soi que la valeur de W_N peut également être calculée selon $P_R(f)$ d'AMI ou de HDB₃ dans une certaine gamme de fréquences, par exemple, $W_N = -3,59$ dB dans la gamme de 0 à 10 240 kHz.

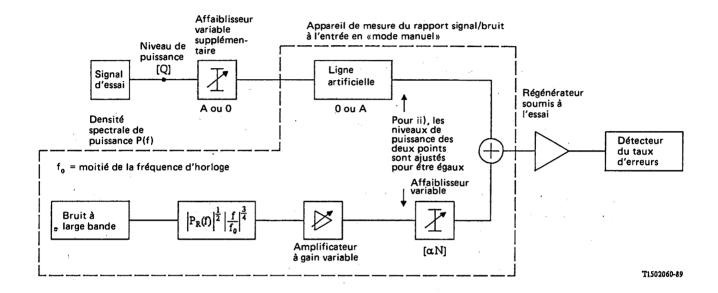


FIGURE A-3/G.952

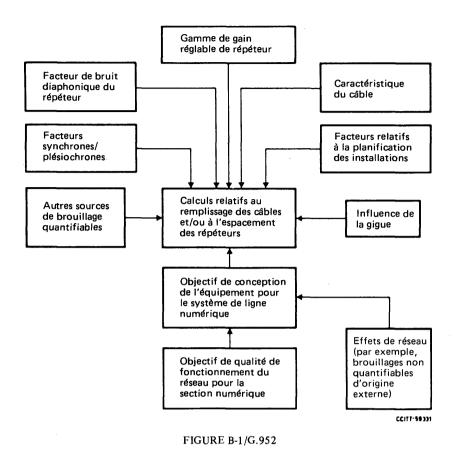
Mesure du facteur de bruit paradiaphonique au moyen d'un appareil de mesure du rapport signal/bruit à l'entrée

ANNEXE B

(à la Recommandation G.952)

Conseils pour atteindre les objectifs de taux d'erreur dans des conditions satisfaisantes

B.1 Pour atteindre les objectifs de qualité de fonctionnement, il faut tenir compte de plusieurs facteurs liés les uns aux autres. La figure B-1/G.952 schématise l'interdépendance de tous les facteurs qui jouent un rôle dans ce domaine. Les principes sur lesquels on s'appuie pour formuler des directives en matière de planification des systèmes de ligne numérique dépendent de l'Administration. Certaines Administrations, par exemple, peuvent disposer de câbles ayant des caractéristiques favorables, alors qu'en même temps le réseau peut être affecté par d'importants brouillages, non quantifiables (effets de réseau). Les Administrations doivent donc se faire une opinion sur l'importance de chaque effet dans leur réseau et formuler pour l'utilisation des câbles des directives répondant aux impératifs de taux d'erreur de la section de ligne numérique.



Facteurs influant sur le taux d'erreur d'un système de ligne

Les remarques ci-après mettent en évidence un certain nombre de considérations importantes relatives à la formulation de directives pour la planification des installations du système.

numérique en paires symétriques

Remarque 1 — Dans l'établissement de directives pour l'utilisation des câbles, le facteur de bruit diaphonique est le seul paramètre décrivant la qualité intrinsèque du régénérateur dans des conditions de brouillage diaphonique. Ce paramètre, qui est fondé sur la moyenne de la densité spectrale de puissance du brouillage diaphonique total, fournit une approximation utile à l'immunité du système contre la diaphonie des trains de données plésiochrones, et il est la mesure correcte pour les trains de données synchrones sous réserve que les phases des systèmes perturbateurs aient été rendues aléatoires. Il est également fondé sur la présemption de données aléatoires sur les systèmes perturbateurs et ne peut donc pas être appliqué dans le cas de schémas de données répétitifs. Toutefois, l'utilisation d'embrouilleurs fait effectivement apparaître presque tous les schémas de données comme aléatoires [3].

Remarque 2 — En exploitation, les régénérateurs peuvent être affectés par des brouillages d'une autre origine qu'il est difficile de quantifier et qui peuvent causer des erreurs. Dans certains cas, on a pu quantifier des mécanismes de brouillage, et les spécifications nationales fournissent des limites appropriées et des procédures d'essai. Ces questions sont actuellement à l'étude au CCITT et, une fois acquis une expérience d'exploitation, il sera peut-être possible d'introduire d'autres essais tenant compte de ces autres mécanismes de brouillage.

Remarque 3 — L'utilisation maximale des câbles doit être en conformité avec les objectifs de qualité de fonctionnement du réseau. Pour atteindre ces objectifs, les Administrations peuvent adopter l'une des approches suivantes:

- i) lorsque les Administrations sont en mesure de juger de l'importance des «effets de réseau», les calculs relatifs au remplissage des câbles devraient se fonder sur un objectif déterminé en retranchant les «effets de réseau» de l'objectif de qualité de fonctionnement du réseau;
- ii) lorsque les Administrations ne sont pas en mesure de juger de l'importance des effets de réseau, les calculs relatifs au remplissage des câbles devraient se fonder sur l'objectif de conception de l'équipement.

Remarque 4 – L'utilisation d'un code de débit réduit pour les symboles en ligne assure des conditions plus favorables en ce qui concerne la diaphonie, et cela influera sur les calculs relatifs au remplissage des câbles.

Remarque 5 — Lorsqu'on passe d'une exploitation de réseau plésiochrone à une exploitation synchrone, certains couplages diaphoniques de câbles et mises en phase relatives des horloges des systèmes aboutissent à des augmentations des marges des systèmes alors que d'autres aboutissent à des marges de systèmes réduites jusqu'à un maximum de 3 dB pour les systèmes pratiques. On estime qu'il y plus de cas où la marge est accrue que de cas où elle est réduite et qu'il n'est donc pas nécessaire d'introduire une marge supplémentaire lorsqu'on passe de l'exploitation plésiochrone à l'exploitation synchrone [3].

Des embrouilleurs peuvent être utilisés pour garantir que le brouillage provenant de plusieurs séquences répétitives identiques ne dépasse pas les niveaux résultant des données aléatoires.

Références

- [1] CCITT Manuel Directives concernant la protection des lignes de télécommunications contre les effets préjudiciables des réseaux électriques et des lignes de chemin de fer électrifiées, UIT, Genève, 1988.
- [2] Recommandation du CCITT Essais à exécuter sur des répéteurs téléalimentés à composants à état solide pour vérifier l'efficacité des mesures de protection contre les perturbations extérieures, tome IX, Rec. K.17.
- [3] SMITH, B. M. et POTTER, P. G.: Design Criteria for Crosstalk Interference between Digital Signals in Multipair Cable *IEEE Trans. Commun.*, Vol. COM-34, n° 6, juin 1986.

Recommandation G.953

SYSTÈMES DE LIGNE NUMÉRIQUE FONDÉS SUR LA HIÉRARCHIE À 1544 kbit/s SUR CÂBLES À PAIRES COAXIALES

(Malaga-Torremolinos, 1984; modifiée à Melbourne 1988)

1 Considérations générales

La présente Recommandation traite des systèmes de ligne numérique pour la transmission de signaux fondés sur la hiérarchie à 1544 kbit/s en câbles à paires coaxiales et concerne les systèmes fonctionnant aux débits binaires suivants:

44 736 kbit/s 97 728 kbit/s.

2 Support de transmission

Les systèmes peuvent fonctionner sur des paires coaxiales telles que celles définies dans les Recommandations de la série G.620, conformément au tableau 1/G.953.

TABLEAU 1/G.953

Supports de transmission

	Recommandation concernant les câbles	Système (kbit/s)
	G.623	44 736
٠.	G.623	97 728

3 Caractéristiques globales de conception

3.1 Disponibilité

L'objectif de disponibilité du système doit être établi compte tenu des caractéristiques de disponibilité de la section numérique fictive de référence donnée dans la Recommandation G.801.

3.2 Fiabilité

Les valeurs MTBF doivent être spécifiées pour l'ensemble du système de ligne compte tenu des caractéristiques de disponibilité.

3.3 Marge de bruit du répéteur

L'annexe A contient une définition de la marge de bruit du répéteur, ainsi que des méthodes de mesure proposées. La marge de bruit exprime numériquement les caractéristiques des régénérateurs numériques pour les paires coaxiales. Elle est fonction du taux d'erreur sur les bits et de l'affaiblissement A_0 lié à l'espacement des répéteurs (à la demi-rapidité de modulation du système de ligne).

Pour un taux d'erreur sur les bits = 10^{-7} et dans une gamme d'affaiblissement du système $A_1 \le A_0 \le A_2$, la marge de bruit devrait satisfaire à la spécification suivante:

marge de bruit
$$(M) \ge B + C(A_2 - A_0)$$

Il n'a pas été possible de recommander des valeurs spécifiques des paramètres A_1 , A_2 , B et C.

Remarque – On doit mesurer l'effet de dégradation de la gigue de rythme sur la marge de bruit en superposant une gigue appropriée au signal d'essai.

3.4 Taux d'erreur

Il convient de fixer l'objectif de conception pour le taux d'erreur de chaque répéteur en tenant compte des objectifs de qualité de fonctionnement du réseau donnés dans la Recommandation G.821.

4 Caractéristiques spécifiques de conception

4.1 Type d'alimentation en énergie

Bien que le CCITT ne recommande pas l'emploi d'un système de téléalimentation particulier pour ce système à paires coaxiales, le seul système appliqué en pratique est le système d'alimentation à courant continu constant par les conducteurs intérieurs des deux paires coaxiales.

Ce système à paires coaxiales risque d'être soumis à des tensions et des courants induits provoqués par la foudre, les lignes électriques, les chemins de fer, etc.

Il faut prendre des précautions afin de protéger le personnel de tout danger provenant des tensions normales de fonctionnement et des courants de téléalimentation ainsi que des tensions et courants induits.

De nombreuses Administrations ont publié des dispositions réglementaires détaillées en vue de la protection des personnes. Leur respect est dans la plupart des cas obligatoire. D'autre part, les directives du CCITT [1] donnent des indications à ce sujet.

Il faut également protéger les installations contre les tensions et les courants induits; elles doivent donc être conçues de telle manière qu'elles satisfassent aux essais indiqués dans la Recommandation K.17 [2].

4.2 Espacement nominal des répéteurs

Aucun espacement spécifique n'est recommandé mais, dans la pratique, la plupart des Administrations utilisent les valeurs nominales du tableau 2/G.953.

TABLEAU 2/G.953
Espacements nominaux des répéteurs

	Espacement nominal des répéteurs (km)
Système (kbit/s)	Recommandation a) concernant les câbles G.623
44 736	- -
97 728	4,5

a) La Recommandation G.623 concerne des paires coaxiales du type 2,6/9,5 mm.

4.3 Principes de maintenance

4.3.1 Type de supervision et de localisation des dérangements

Pour la localisation des dérangements, on doit utiliser la surveillance en service.

4.3.2 Défaillances et dispositions correspondantes

Les dispositions indiquées dans le présent paragraphe doivent s'ajouter à celles recommandées pour les sections de ligne numérique.

ANNEXE A

(à la Recommandation G.953)

Définition et mesure de la marge de bruit des répéteurs

A.1 Définitions

La marge de bruit m_n :

$$m_n = SNR/SNR_{ER} \tag{A-1}$$

οù

$$SNR = SNR_{th} \cdot F(t, ER) \tag{A-2}$$

Le produit $SNR_{th} \cdot F(t, ER)$ peut être considéré comme le rapport signal/bruit réel, SNR étant la mesure du comportement du régénérateur.

- SNR_{th} est le rapport signal/bruit théorique déterminé par les paramètres du système, tels que l'impulsion de sortie, l'affaiblissement de section, le facteur de bruit de l'amplificateur d'entrée du régénérateur, etc.;
- F(t, ER) est le facteur de réduction due à un décalage de l'instant de cycle de rythme optimum (y compris la gigue de phase) en association avec l'impulsion réalisée S(t), le brouillage entre symboles I(t) et toute autre perturbation qui cause un dérèglement du signal d'information (I_c) .

Remarque – Le brouillage entre symboles et les autres perturbations sont des processus changeants avec des répartitions liées. Le facteur de réduction «moyen» dépend d'ER et, pour un signal ternaire, est donné par:

$$F(t, ER) = \frac{S(t)}{S(0)} - 2\left\{\frac{T(t)}{S(0)} - \frac{I_c}{S(0)}\right\}$$
 (A-3)

dans laquelle S(0) est l'impulsion réalisée à t = 0 donnant l'amplitude maximum.

 SNR_{ER} est le rapport signal/bruit nécessaire pour un taux d'erreurs égal à ER. Pour un signal ternaire, la relation entre ER et SNR_{ER} est donnée par la distribution gaussienne comme:

$$ER = \frac{4}{3} P[E] = \frac{4}{3\sqrt{2\pi}} \int_{SNR_{ER}}^{\infty} e^{-x^{1/2}} dx$$
 (A-4)

A.2 Définitions dérivées

La marge de bruit peut être mesurée en appliquant un signal perturbateur externe. A cet effet, d'autres définitions pratiques sont dérivées:

A.2.1 SNR_{ER} (donnant un taux d'erreurs ER) peut être réalisé en injectant un bruit blanc suffisant dans l'entrée du régénérateur:

$$SNR_{ER} = \left\{ \frac{N_T}{N_T + N_E} \right\} \cdot SNR \tag{A-5}$$

dans laquelle

 N_T = le bruit thermique qui apparaît au point de décision au cours de l'exploitation normale;

 N_E = la puissance moyenne du bruit extérieur qui apparaît au point de décision pour indiquer un taux d'erreurs ER

La combinaison de (A-1) et (A-5) donne la large de bruit M:

$$M = 20 \log m_n = 10 \log \left(1 + \frac{N_E}{N_T}\right)$$
 (A-6)

$$N_E = N_0 \int_0^\infty |E(f)|^2 df \tag{A-7}$$

$$N_T = kT \int_0^\infty |E(f)|^2 F(f) df$$
 (A-8)

 N_0 = densité de puissance du bruit extérieur qui est superposé au signal;

E(f) = fonction de transfert de l'égaliseur du régénérateur;

k,T = constante de Boltzmann et température absolue;

F(f) = facteur de bruit de l'égaliseur-amplificateur du régénérateur

A.2.2 En injectant un signal perturbateur en onde sinusoïdale, une seconde définition de m_n peut être dérivée:

Cette perturtation réoccasionne une diminution de F(t, ER), qui peut être définie par:

$$F_d(t, ER) = SNR_{ER}/SNR_{th}$$

ensuite [conformément à (A-1) et (A-2)]

$$F(t, ER) = m_n \cdot SNR_{ER}/SNR_{th}$$

La soustraction donne:

$$F(t, ER) - F_d(t, ER) = 2 \frac{I_s}{S(0)} - (m_n - 1) SNR_{ER}/SNR_{th}$$

où $I_s/S(0)$ est le signal perturbateur normalisé au point de décision.

La substitution de $SNR_{th} = S(0)/2\sqrt{N_TR_0}$ et quelques réarrangements donnent la marge de bruit:

$$M = 20 \log 1 \cdot \left(\frac{I_s}{SNR_{FR} \cdot \sqrt{N_T R_0}} \right) \tag{A-9}$$

$$I_s = S_d \cdot |E(f_d)| \cdot a_c \tag{A-10}$$

 S_d = l'amplitude du signal perturbateur à l'entrée du régénérateur;

 f_d = la fréquence du signal perturbateur;

 a_c = un facteur de correction tenant compte de l'effet de la perturbation sur le détecteur de crête de l'égaliseur automatique;

 R_0 = la partie réelle de l'impédance caractéristique du câble.

A.3 Mesure

La méthode A est fondée sur la définition qui se rapporte directement à la marge de bruit (A-6) et constitue par conséquent la méthode d'essai de référence. Les méthodes B et C sont d'autres méthodes d'essai.

On mesure les valeurs de N_E et N_T directement au point de décision. La valeur de N_T est mesurée en l'absence à la fois d'un signal et d'un bruit appliqué extérieurement. Dans ces conditions, la commande automatique de gain (CAG) de l'égaliseur doit être commandée extérieurement à un niveau approprié à l'affaiblissement du câble correspondant. Une fois le signal rétabli, on règle le niveau du bruit appliqué extérieurement pour obtenir le taux désiré d'erreur sur les bits. On mesure alors le niveau de bruit $(N_T + N_E)$, le signal étant retiré et la CAG réglée sur la même valeur que dans la mesure de N_T .

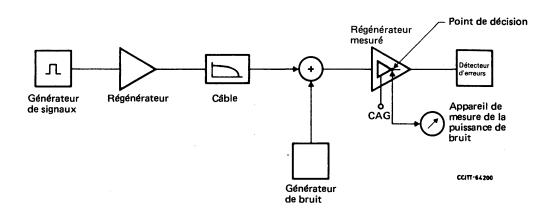


FIGURE A-1/G.953

Mesure de la marge de bruit (Méthode A)

Méthode B (figure A-2/G.953)

Cette méthode permet d'effectuer une mesure sans avoir besoin d'accéder au point de décision. On mesure directement le bruit appliqué à l'entrée pour fournir un taux d'erreur donné sur les bits. On évalue la valeur correspondante au point de décision ainsi que le bruit thermique (N_T) au moyen de la fonction de transfert et du facteur de bruit de l'amplificateur-égaliseur.

Remarque — Il est nécessaire de calculer et de mesurer la fonction de transfert et le facteur de bruit de l'amplificateur-égaliseur sur un échantillonnage de répéteurs avant que cette méthode puisse être appliquée à un modèle de répéteur donné.

Méthode C (figure A-2/G.953)

Cette méthode est analogue à la méthode B excepté que, dans ce cas, la perturbation appliquée est un signal en onde sinusoïdale. De même, on mesure ce signal appliqué à l'entrée pour fournir un taux d'erreur donné sur les bits. On évalue la perturbation correspondante au point de décision (I_s) ainsi que la tension du bruit thermique $(\sqrt{N_T R_0})$ au moyen de la fonction de transfert, du facteur de bruit de l'égaliseur et du facteur de correction a_c , qui doivent être déterminés.

Remarque 1 - Il ressort de (A-8) et (A-9) que:

$$M = 20 \log (1 + S_d \cdot X/SNR_{ER})$$

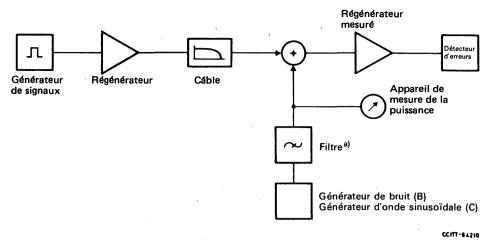
où
$$X = |E(f_d)| \cdot a_c / \sqrt{N_T R_0}$$

étant un facteur inconnu, qui doit être déterminé sur la base de mesures effectuées sur un échantillonnage de régénérateurs-prototypes avant que cette méthode puisse être appliquée à un modèle de régénérateur donné.

A cet effet, la marge de bruit des régénérateurs-prototypes doit être mesurée selon la méthode A d'essai de référence.

Remarque 2 — Cette méthode permet la présence d'un réseau LBO à l'entrée du régénérateur. Contrairement à la méthode B, il n'est pas nécessaire de placer un filtre complémentaire dans le trajet d'injection.

Remarque 3 - Pour obtenir la mesure la plus précise, la fréquence de perturbation doit être autour de la fréquence de Nyquist.



a) Peut être supprimé dans la méthode C.

FIGURE A-2/G.953

Mesure de la marge de bruit (Méthodes B et C)

Références

- [1] Manuel du CCITT Directives concernant la protection des lignes de télécommunications contre les effets préjudiciables des réseaux électriques et des lignes de chemin de fer électrifiées, UIT, Genève, 1988.
- [2] Recommandation du CCITT Essais à exécuter sur des répéteurs téléalimentés à composants à état solide pour vérifier l'efficacité des mesures de protection contre les perturbations extérieures, tome IX, Rec. K.17.

Recommandation G.954

SYSTÈMES DE LIGNE NUMÉRIQUE FONDÉS SUR LA HIÉRARCHIE À 2048 kbit/s SUR CÂBLES À PAIRES COAXIALES

(Malaga-Torremolinos, 1984; modifiée à Melbourne, 1988)

1 Considérations générales

La présente Recommandation traite des systèmes de ligne numérique pour la transmission de signaux fondés sur la hiérarchie à 2048 kbit/s en câbles à paires coaxiales et concerne les systèmes fonctionnant aux débits binaires suivants:

8 448 kbit/s

34 368 kbit/s

139 264 kbit/s

 4×139264 kbit/s.

Dans le cas des systèmes à 4×139 264 kbit/s, un équipement muldex de ligne numérique combine les fonctions de multiplexage de quatre signaux numériques à 139 264 kbit/s et d'un équipement de transmission en ligne. On trouvera des détails sur la stratégie du multiplexage numérique dans l'annexe B à la présente Recommandation.

On trouvera dans la Recommandation G.921 les spécifications de qualité de transmission globale et relatives aux interfaces des sections correspondantes de ligne numérique.

2 Support de transmission

Les systèmes peuvent fonctionner sur des paires coaxiales telles que celles définies dans les Recommandations de la série G.620, conformément au tableau 1/G.954.

TABLEAU 1/G.954

Supports de transmission

Système (kbit/s)	Recommandation concernant les câbles
8 448	G.621; G.622
34 368	G.621; G.622; G.623
139 264	G.622; G.623
4 × 139 264	G.623

3 Caractéristiques globales de conception

3.1 Disponibilité

L'objectif de disponibilité du système doit être établi compte tenu des caractéristiques de disponibilité de la section numérique fictive de référence donnée dans la Recommandation G.801.

3.2 Fiabilité

Les valeurs MTBF doivent être spécifiées pour l'ensemble du système de ligne compte tenu des caractéristiques de disponibilité.

3.3 Marge de bruit du répéteur

L'annexe A contient une définition de la marge de bruit du répéteur, ainsi que des méthodes de mesure proposées. La marge de bruit exprime numériquement les caractéristiques des régénérateurs numériques pour les paires coaxiales. Elle est fonction du taux d'erreur sur les bits et de l'affaiblissement A_0 lié à l'espacement des répéteurs (à la demi-rapidité de modulation du système de ligne).

Pour un taux d'erreur sur les bits = 10^{-7} et dans une gamme d'affaiblissement du système $A_1 \le A_0 \le A_2$, la marge de bruit devrait satisfaire à la spécification suivante:

marge de bruit
$$(M) \ge B + C(A_2 - A_0)$$

Il n'a pas été possible de recommander des valeurs spécifiques des paramètres A_1 , A_2 , B et C.

Remarque – On doit mesurer l'effet de dégradation de la gigue de rythme sur la marge de bruit, en superposant une gigue appropriée au signal d'essai.

Le tableau ci-dessous donne des exemples des valeurs utilisées par certaines Administrations:

	A ₁ (dB)	A ₂ (dB)	<i>B</i> (dB)	. c
Systèmes à 8448 kbit/s	35	85	9	1
Systèmes à 34 368 kbit/s	34	84	7,5	0,7
	56	82	6	0,5
	45	75	12	1
Systèmes à 139 264 kbit/s	65	84	5,5	0,7
	60	84	7,5	0,7 -> 1

Remarque - Les valeurs ne tiennent pas compte des effets de la gigue.

3.4 Taux d'erreur

Il convient de fixer l'objectif de conception pour le taux d'erreur de chaque répéteur en tenant compte des objectifs de qualité de fonctionnement du réseau donnés dans la Recommandation G.821.

4 Caractéristiques spécifiques de conception

4.1 Type d'alimentation en énergie

Bien que le CCITT ne recommande pas l'emploi d'un système de téléalimentation particulier pour ce système à paires coaxiales, le seul système appliqué en pratique est le système d'alimentation à courant continu constant par les conducteurs intérieurs des deux paires coaxiales.

Ce système à paires coaxiales risque d'être soumis à des tensions et des courants induits provoqués par la foudre, les lignes électriques, les chemins de fer, etc.

Il faut prendre des précautions afin de protéger le personnel de tout danger provenant des tensions normales de fonctionnement et des courants de téléalimentation ainsi que des tensions et courants induits.

De nombreuses Administrations ont publié des dispositions réglementaires détaillées en vue de la protection des personnes. Leur respect est dans la plupart des cas obligatoire. D'autre part, les directives du CCITT [1] donnent des indications à ce sujet.

Il faut également protéger les installations contre les tensions et les courants induits; elles doivent donc être conçues de telle manière qu'elles satisfassent aux essais indiqués dans la Recommandation K.17 [2].

4.2 Espacement nominal des répéteurs

Aucun espacement spécifique n'est recommandé mais, dans la pratique, la plupart des Administrations utilisent les valeurs nominales du tableau 2/G.954.

TABLEAU 2/G.954
Espacements nominaux des répéteurs

	Espacement nominal des répéteurs (km)								
Suntime (libit /s)	Recommandation concernant les câbles a)								
Système (kbit/s)	G.621	G.622	G.623						
8 448	4,0	-	_						
34 368	2,0	4,0 (remarque)							
139 264		2,0	4,5 (remarque)						
4 × 139 264	_	_	1,5						

a) G.621 concerne des paires coaxiales du type 0,7/2,9 mm.

Remarque - Une Administration utilise un espacement nominal de répéteur de 3 km.

4.3 Principes de maintenance

4.3.1 Type de supervision et de localisation des dérangements

On peut utiliser la surveillance en service ou la localisation des dérangements hors service. Pour des débits binaires supérieurs ou égaux à 139 264 kbit/s, la surveillance en service est recommandée.

G.622 concerne des paires coaxiales du type 1,2/4,4 mm.

G.623 concerne des paires coaxiales du type 2,6/9,5 mm.

432 Défaillances et dispositions correspondantes

Indépendamment des défaillances qui sont spécifiées dans la Recommandation G.921 pour les sections numériques pertinentes, il convient de détecter les défaillances suivantes et de prendre les dispositions correspondantes qu'elles appellent:

- défaillance de la téléalimentation une alarme de maintenance doit être promptement déclenchée, si possible;
- dépassement du seuil de taux d'erreur ce seuil est de 1 · 10⁻⁵ pour les systèmes à 8448 kbit/s, et de 1 · 10⁻⁶ pour les systèmes à débit binaire plus élevé;

une alarme de maintenance différée doit être déclenchée pour avertir que la qualité se détériore.

ANNEXE A

(à la Recommandation G.954)

Définition et mesure de la marge de bruit des répéteurs

Définitions A.1

La marge de bruit m_n :

$$m_n = SNR/SNR_{ER} \tag{A-1}$$

où

$$SNR = SNR_{th} \cdot F(t, ER) \tag{A-2}$$

Le produit $SNR_{th} \cdot F(t, ER)$ peut être considéré comme le rapport signal/bruit réel, SNR étant la mesure du comportement du régénérateur.

- est le rapport signal/bruit théorique déterminé par les paramètres du système, tels que l'impulsion de sortie, l'affaiblissement de section, le facteur de bruit de l'amplificateur d'entrée du régénérateur, etc.;
- F(t, ER) est le facteur de réduction due à un décalage de l'instant de cycle de rythme optimum (y compris la gigue de phase) en association avec l'impulsion réalisée S(t), le entre symboles I(t) et toute autre perturbation qui cause un dérèglement du signal d'information (I_c) .

Remarque – Le brouillage entre symboles et les autres perturbations sont des processus changeants avec des répartitions liées. Le facteur de réduction «moyen» dépend d'ER et, pour un signal ternaire, est donné par:

$$F(t, ER) = \frac{S(t)}{S(0)} - 2\left\{\frac{I(t)}{S(0)} - \frac{I_c}{S(0)}\right\}$$
 (A-3)

dans laquelle S(0) est l'impulsion réalisée à t=0 donnant l'amplitude maximum.

est le rapport signal/bruit nécessaire pour un taux d'erreurs égal à ER. Pour un signal ternaire, la relation entre ER et SNR_{ER} est donnée par la distribution gaussienne comme:

$$ER = \frac{4}{3}P[E] = \frac{4}{3\sqrt{2\pi}} \int_{SNR_{ER}}^{\infty} e^{-x^{1/2}} dx$$
 (A-4)

A.2 Définitions dérivées

La marge de bruit peut être mesurée en appliquant un signal perturbateur externe. A cet effet, d'autres définitions pratiques sont dérivées:

A.2.1 SNR_{ER} (donnant un taux d'erreurs ER) peut être réalisé en injectant un bruit blanc suffisant dans l'entrée du régénérateur:

$$SNR_{ER} = \left\{ \frac{N_T}{N_T + N_E} \right\} \cdot SNR \tag{A-5}$$

dans laquelle

 N_T = le bruit thermique qui apparaît au point de décision au cours de l'exploitation normale;

 N_E = la puissance moyenne du bruit extérieur qui apparaît au point de décision pour indiquer un taux d'erreurs ER.

La combinaison de (A-1) et (A-5) donne la marge de bruit M:

$$M = 20 \log m_n = 10 \log \left(1 + \frac{N_E}{N_T} \right)$$
 (A-6)

$$N_E = N_0 \int_0^\infty |E(f)|^2 df \tag{A-7}$$

$$N_T = kT \int_0^\infty |E(f)|^2 F(f) df$$
 (A-8)

 N_0 = densité de puissance du bruit extérieur qui est superposé au signal;

E(f) = fonction de transfert de l'égaliseur du régénérateur;

k, T = constante de Boltzmann et température absolue;

F(f) = facteur de bruit de l'égaliseur-amplificateur du régénérateur

A.2.2 En injectant un signal perturbateur en onde sinusoïdale, une seconde définition de m_n peut être dérivée: Cette perturtation réoccasionne une diminution de F(t, ER), qui peut être définie par:

$$F_d(t, ER) = SNR_{ER}/SNR_{th}$$

ensuite [conformément à (A-1) et (A-2)]

$$F(t, ER) = m_n \cdot SNR_{ER}/SNR_{th}$$

La soustraction donne:

$$F(t, ER) - F_d(t, ER) = 2 \frac{I_s}{S(0)} - (m_n - 1) SNR_{ER}/SNR_{th}$$

où $I_s/S(0)$ est le signal perturbateur normalisé au point de décision.

La substitution de $SNR_{th} = S(0)/2\sqrt{N_TR_0}$ et quelques réarrangements donnent la marge de bruit:

$$M = 20 \log 1 \cdot \left(\frac{I_s}{SNR_{ER} \cdot \sqrt{N_T R_0}} \right) \tag{A-9}$$

$$I_s = S_d \cdot |E(f_d)| \cdot a_c \tag{A-10}$$

 S_d = l'amplitude du signal perturbateur à l'entrée du régénérateur;

 f_d = la fréquence du signal perturbateur;

 a_c = un facteur de correction tenant compte de l'effet de la perturbation sur le détecteur de crête de l'égaliseur automatique;

 R_0 = la partie réelle de l'impédance caractéristique du câble.

A.3 Mesure

La méthode A est fondée sur la définition qui se rapporte directement à la marge de bruit (A-6) et constitue par conséquent la méthode d'essai de référence. Les méthodes B et C sont d'autres méthodes d'essai.

On mesure les valeurs de N_E et N_T directement au point de décision. La valeur de N_T est mesurée en l'absence à la fois d'un signal et d'un bruit appliqué extérieurement. Dans ces conditions, la commande automatique de gain (CAG) de l'égaliseur doit être commandée extérieurement à un niveau approprié à l'affaiblissement du câble correspondant. Une fois le signal rétabli, on règle le niveau du bruit appliqué extérieurement pour obtenir le taux désiré d'erreur sur les bits. On mesure alors le niveau de bruit $(N_T + N_E)$, le signal étant retiré et la CAG réglée sur la même valeur que dans la mesure de N_T .

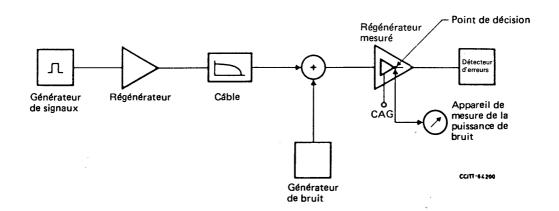


FIGURE A-1/G.954

Mesure de la marge de bruit (Méthode A)

Méthode B (figure A-2/G.954)

Cette méthode permet d'effectuer une mesure sans avoir besoin d'accéder au point de décision. On mesure directement le bruit appliqué à l'entrée pour fournir un taux d'erreur donné sur les bits. On évalue la valeur correspondante au point de décision ainsi que le bruit thermique (N_T) au moyen de la fonction de transfert et du facteur de bruit de l'amplificateur-égaliseur.

Remarque – Il est nécessaire de calculer et de mesurer la fonction de transfert et le facteur de bruit de l'amplificateur-égaliseur sur un échantillonnage de répéteurs avant que cette méthode puisse être appliquée à un modèle de répéteur donné.

Méthode C (figure A-2/G.954)

Cette méthode est analogue à la méthode B excepté que, dans ce cas, la perturbation appliquée est un signal en onde sinusoïdale. De même, on mesure ce signal appliqué à l'entrée pour fournir un taux d'erreur donné sur les bits.

On évalue la perturbation correspondante au point de décision (I_s) ainsi que la tension du bruit thermique $(\sqrt{N_T R_0})$ au moyen de la fonction de transfert, du facteur de bruit de l'égaliseur et du facteur de correction a_c , qui doivent être déterminés.

Remarque 1 - Il ressort de (A-8) et (A-9) que:

$$M = 20 \log (1 + S_d \cdot X/SNR_{ER})$$

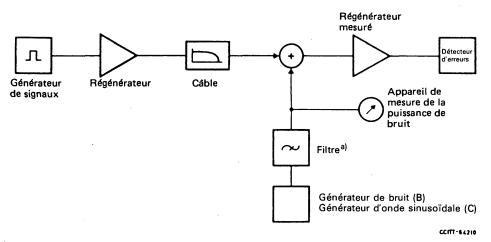
où
$$X = |E(f_d)| \cdot a_c / \sqrt{N_T R_0}$$

étant un facteur inconnu, qui doit être déterminé sur la base de mesures effectuées sur un échantillonnage de régénérateurs-prototypes avant que cette méthode puisse être appliquée à un modèle de régénérateur donné.

A cet effet, la marge de bruit des régénérateurs-prototypes doit être mesurée selon la méthode A d'essai de référence.

Remarque 2 – Cette méthode permet la présence d'un réseau LBO à l'entrée du régénérateur. Contrairement à la méthode B, il n'est pas nécessaire de placer un filtre complémentaire dans le trajet d'injection.

Remarque 3 - Pour obtenir la mesure la plus précise, la fréquence de perturbation doit être autour de la fréquence de Nyquist.



a) Peut être supprimé dans la méthode C.

FIGURE A-2/G.954

Mesure de la marge de bruit (Méthodes B et C)

ANNEXE B

(à la Recommandation G.954)

Méthode de multiplexage numérique pour les systèmes à 4 × 139 264 kbit/s

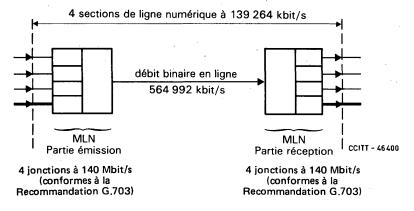


FIGURE B-1/G.954

Muldex de ligne numérique (MLN)

B.1 Considérations générales

La méthode de multiplexage numérique est fondée sur l'utilisation d'une justification positive et associe 4 affluents à 139 264 kbit/s en un signal résultant.

B.2 Débit binaire.

Le débit binaire nominal doit être 564 992 kbit/s. La tolérance sur le débit est de \pm 15 \times 10⁻⁶.

B.3 Structure de trame

Le tableau B-1/G.954 indique:

- le débit binaire de l'affluent et le nombre d'affluents;
- le nombre de bits par trame;
- le plan de numérotage des bits;
- l'affectation des bits;
- le signal de verrouillage de trame concentré.

Remarque – L'adoption éventuelle d'autres structures de trame, avec les caractéristiques indiquées dans l'appendice II, fera l'objet d'un complément d'étude.

B.4 Perte et reprise de verrouillage de trame

Le verrouillage de trame est considéré comme perdu quand 4 signaux de verrouillage de trame consécutifs ne sont pas correctement reçus dans leurs positions prévues.

Lorsque le verrouillage de trame est supposé perdu, le dispositif de verrouillage de trame décidera que ce verrouillage est effectivement repris lorsqu'il aura décelé la présence de 3 signaux de verrouillage de trame consécutifs.

Après avoir détecté l'apparition d'un seul signal de verrouillage de trame correct, le dispositif de verrouillage de trame exécutera de nouveau une recherche du verrouillage de trame, s'il décèle l'absence de ce signal dans l'une des deux trames suivantes.

Remarque — Comme il n'est pas absolument nécessaire de spécifier ce système à adopter pour le verrouillage de trame, n'importe quel système approprié peut être utilisé, pourvu que le fonctionnement soit au moins aussi bon, à tous égards, que celui correspondant au système de verrouillage de trame exposé ci-dessus.

TABLEAU B-1/G.954
Structure de la trame de multiplexage à 564 992 kbit/s

Débit binaire des affluents (kbit/s)	139 264 -
Nombre d'affluents	4
Structure de trame	Plan de numérotage des bits
	Groupe 1
Signal de verrouillage de trame (le contenu binaire de ce signal est à l'étude) Bits provenant des affluents	1 à 12 13 à 384
	Groupes II à VI
Bits de service $C_{jn}(n = 1 \text{ à } 5)$ pour la justification (voir la remarque) Bits provenant des affluents	1 à 4 5 à 384
· .	Groupe VII
Indication d'alarme à distance, bit de réserve pour utilisation nationale	1 à 4
Bits de justification provenant des affluents	5 à 8
Bits provenant des affluents	9 à 384
Longueur de la trame	2688 bits
Nombre de bits par affluent	663 bits
Débit maximal de justification par affluent	210 190 bit/s
Taux nominal de justification	0,4390

Remarque - Par C_{in} on désigne le n'ième bit de service pour la justification du j'ième affluent.

B.5 Méthode de multiplexage

Il est recommandé de multiplexer les signaux par entrelacement cyclique des bits, dans l'ordre de numérotage des affluents, avec justification positive. Le signal d'indication de justification doit être réparti et utiliser les bits C_{jn} (n=1, 2, 3, 4, 5), voir le tableau B-1/G.954. Une justification positive sera indiquée par le signal 11111, l'absence de justification par le signal 00000. La décision à la majorité est recommandée.

Le tableau B-1/G.954 indique le débit maximal de justification par affluent, ainsi que le taux nominal de justification.

- B.6 Gigue
- B.6.1 Caractéristiques de la fonction de transfert en gigue (à l'étude).
- B.6.2 Gigue de sortie pour l'affluent (à l'étude).

B.7 Eléments numériques de service

Les quatre premiers bits du groupe VII de la trame d'impulsions sont disponibles pour les fonctions de service. Le premier de ces bits sert à fournir une indication d'alarme rapide (voir le tableau C-1/G.954).

Remarque – Une solution qui pourrait être appliquée à l'embrouilleur et aux signaux de verrouillage de trame est décrite dans l'appendice I.

APPENDICE I

(à l'annexe B de la Recommandation G.954)

Solution pouvant s'appliquer à un embrouilleur et à des signaux de verrouillage de trame dans un système en ligne numérique à 4 × 139 264 kbit/s

I.1 Embrouilleur de réinitialisation

Il est proposé d'utiliser un «embrouilleur de réinitialisation», c'est-à-dire qu'il est réinitialisé au début de chaque trame. Les avantages que présentent un tel embrouilleur [3] par rapport à un embrouilleur autonome ou «à synchronisation propre» sont les suivants:

- il n'y a pas de multiplication d'erreur;
- il n'est pas nécessaire de prévoir des mesures supplémentaires pour éviter les signaux périodiques de sortie.

Il faut admettre qu'avec un signal d'entrée exclusivement composé de 1 ou de zéro (par exemple, avec un SIA sur les 4 affluents), la sortie ne correspond pas tout à fait à une séquence pseudo-aléatoire $2^n - 1$, mais elle se présente sous la forme d'une séquence quasi aléatoire se prêtant parfaitement à une récupération du rythme sur la ligne. On peut donc mettre au point un embrouilleur (figure I-1/G.954 qui comporte d'autres caractéristiques intéressantes:

- il a un débit binaire de ≈ 141 Mbit/s. Quatre séquences retardées les unes par rapport aux autres (A0, A2, A5 et A6) servent à embrouiller chacun des affluents T1... T4 et les quatre signaux embrouillés (c, d, e, f) sont alors multiplexés;
- les circuits utilisés sont simples; ce qui suppose donc une construction facile compte tenu de la vitesse élevée en jeu et une faible consommation d'énergie;
- après réinitialisation, l'embrouilleur produit le signal de verrouillage de trame.

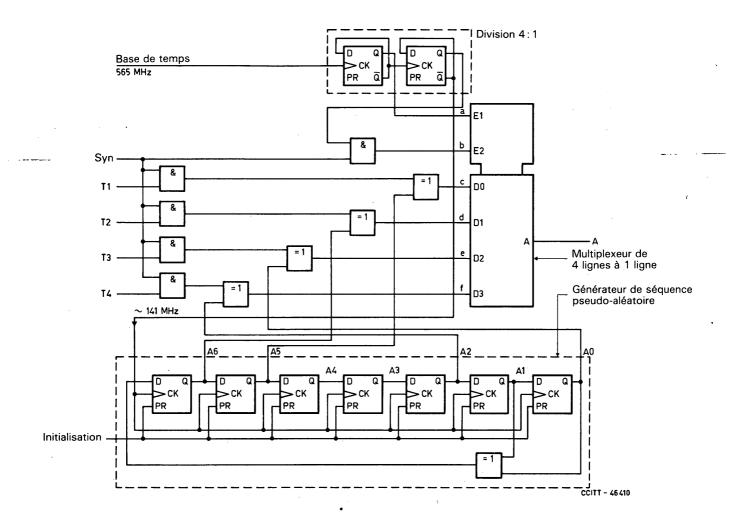
I.2 Signal de verrouillage de trame

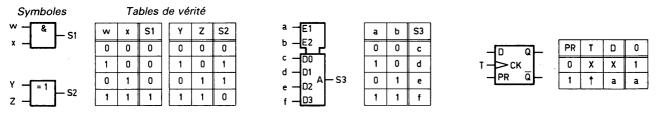
Le signal de verrouillage de trame produit au début de chaque trame d'impulsion est le suivant:

111110100000

et il est donc identique à celui du signal à 139 Mbit/s, conformément à la Recommandation G.751.

Le signal de verrouillage de trame ne sera pas imité par les signaux entièrement composés de zéro ou de 1, même si ce type de signal est présent dans n'importe quelle combinaison possible des 4 affluents.





Remarque - T représente le signal de rythme. La transition qui devient positive est la transition active.

Temps t _n	A6	A5	Α4	А3	A2	• A1	Α0	Initialisa- tion	Syn		nal d multip l'emb	olexé			F	,		
0	1	1	1	1	1	1	1	О	0	A5	Α6	Α5	Α6	1	1	1	1	
1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	Α5	Α6	Α5	Α6	1	0	1	0	Mot de verrouillage de trame
2	0	0	1	1	1	1	1	1	0	A5	Α6	Α5	Α6	0	0	0	0	de traine
3	0	0	0	1	1	1	1	1	1	Α5	Α6	A0	Α2	T1	T2	T3	<u>T4</u>	
4	0	0	0	0	1	1	1	1	1	Α5	Α6	A0	Α2	T1	T2	T3	<u>T4</u>	Information
5	0	0	0	0	0	1	1	1	1	A5	Α6	Α0	Α2	T1	T2	T3	T4	embrouillée
6	0	0	0	0	0	0	1	1	1	A5	Α6	A0	Α2	T1	T2	T3	T4	
7	1	0	0	0	0	0	0	1	1	A5	Α6	A0	Α2	<u>T1</u>	T2	Т3	T4	
8	0	1	0	0	0	0	0	1	1	A5	Α6	Α0	A2	T1	T.2	Т3	Т4,	
																		

FIGURE I-1/G.954.
Embrouilleur de réinitialisation et multiplexeur

APPENDICE II

(à l'annexe B de la Recommandation G.954)

Autres structures possibles des trames du multiplex

On peut avoir d'autres structures de trame de multiplexage à 564 992 kbit/s qui garderont la même structure de trame par affluent (voir la structure de trame de multiplexage représentée à la figure I-1/G.954.

Ces autres structures sont fondées sur l'entrelacement cyclique de groupes de bits obtenus à partir des affluents. De plus, ces méthodes de multiplexage peuvent être avantageuses du point de vue de la réalisation, lorsque des codes alphabétiques en ligne tels que 6B4T sont utilisés. L'intégration des fonctions de conversion du multiplex et de code en ligne peut réduire les normes de vitesse des circuits associés.

Les équipements fondés sur ces autres structures de trame, à condition qu'ils adoptent la même longueur de trame multiplex, le même nombre de bits par affluent, le même débit maximal de justification et le même taux nominal de justification, offrent la même qualité de fonctionnement du réseau que les équipements ayant recours à la méthode de multiplexage décrite dans la présente Recommandation.

ANNEXE C

(à la Recommandation G.954)

Défaillances et dispositions correspondantes pour les systèmes de ligne numérique à 4 × 139 264 kbit/s

C.1 Défaillances

Le système de ligne numérique à 4 × 139 264 kbit/s doit détecter les défaillances suivantes:

- C.1.1 Défaillance de l'alimentation interne en énergie.
- C.1.2 Défaillance de l'alimentation des régénérateurs.
- C.1.3 Taux d'erreur $1 \cdot 10^{-3}$.

Remarque – Les critères d'activation et de désactivation de ces indications d'alarme sont à l'étude.

- C.1.4 Taux d'erreur $1 \cdot 10^{-6}$.
- C.1.5 Perte du signal entrant.

Remarque – La détection de cette défaillance n'est exigée que si elle ne se traduit pas par une indication de perte de verrouillage de trame.

- C.1.6 Perte du verrouillage de trame.
- C.1.7 Perte de verrouillage du mot en ligne lorsqu'un code alphabétique est utilisé.

Remarque – La détection de cette défaillance n'est nécessaire que si elle ne se traduit pas par une indication «taux d'erreur $1 \cdot 10^{-3}$ ».

- C.1.8 Perte du signal entrant sur un affluent.
- C.1.9 Indication d'alarme à distance.

C.2 Dispositions correspondantes

Après la détection d'une défaillance, il convient de prendre les dispositions appropriées, comme il est indiqué sur le tableau C-1/G.954.

TABLEAU C-1/G.954

Défaillances et dispositions correspondantes

·			'une alarme ntenance	Indication	Application du SIA voir le § C.2		
Equipement	Défaillances	Défaillances rapide		d'alarme fournie au muldex de ligne éloigné	à tous les affluents	à l'intervalle de temps pertinent du signal composite	
:	Défaillance de l'alimentation en énergie	Oui			Oui, si possible		
Muldex de ligne numérique	Défaillance de l'alimentation en énergie des régénérateurs	Oui	•		Oui, si possible		
	Taux d'erreur 1 \times 10 ⁻³	Oui		Oui	Oui		
	Taux d'erreur 1 × 10 ⁻⁶		Oui			:	
	Perte du signal entrant	Oui		Oui	Oui		
Partie réception seulement	Perte du verrouillage de trame	Oui		Oui	Oui		
du muldex de ligne (voir la figure 2/G.901)	Perte du verrouillage du mot en ligne lorsqu'un code alphabétique est utilisé	Oui		Oui	Oui		
	Détection d'une indication d'alarme distante						
Partie émission seulement du muldex de ligne (voir la figure 2/G.901)	Perte du signal entrant sur un affluent	Oui				Oui	

Remarque – La mention oui, portée dans une case, signifie que des dispositions doivent être prises à la suite de la défaillance indiquée. L'absence de oui dans une case signifie que ces dispositions n'ont pas à être prises si la défaillance indiquée est la seule qui existe. S'il y a plusieurs défaillances simultanées, les mesures appropriées devront être prises si, pour l'une au moins des défaillances, une mention oui figure dans la case correspondante.

- C.2.1 Indication d'alarme de maintenance rapide émise pour signifier que la qualité de transmission est en dessous des normes admises et qu'une action de maintenance est exigée localement.
- C.2.2 Indication d'alarme de maintenance différée émise pour signifier que la qualité est en train de se dégrader.

Remarque – La forme visuelle et/ou auditive et l'emplacement des alarmes mises en œuvre par les indications d'alarme mentionnées aux § C.2.1 et C.2.2 doivent être fixés par chaque Administration.

- C.2.3 SIA appliqué à tous les affluents (voir les remarques 1 et 2).
- C.2.4 SIA appliqué à l'intervalle de temps pertinent du signal composite (voir la remarque 1).
- C.2.5 L'indication d'alarme est donnée au muldex éloigné.

Remarque 1 — Le contenu binaire équivalent du signal d'indication d'alarme (SIA) est une succession continue de 1.

Remarque 2 – Le débit binaire de ce SIA doit être compris dans les limites de \pm 15 \times 10⁻⁶ du débit binaire nominal.

Références

- [1] Manuel du CCITT Directives concernant la protection des lignes de télécommunications contre les effets préjudiciables des réseaux électriques et des lignes de chemin de fer électrifiées, UIT, Genève, 1988.
- [2] Recommandation du CCITT Essais à exécuter sur des répéteurs téléalimentés à composants à état solide pour vérifier l'efficacité des mesures de protection contre les perturbations extérieures, tome IX, Rec. K.17.
- [3] MULLER, (H.) Indépendance des séquences de bits dans les embrouilleurs des systèmes de communication numérique. *Nachr. techn. Z.* vol. 27, pp. 475-479, 1974.

Recommandation G.955

SYSTÈMES DE LIGNE NUMÉRIQUE FONDÉS SUR LA HIÉRARCHIE À 1544 kbit/s SUR CÂBLES À FIBRES OPTIQUES

(Malaga-Torremolinos, 1984; modifiée à Melbourne, 1988)

1 Considérations générales

La présente Recommandation traite des systèmes de ligne numérique pour transmission de signaux fondés sur la hiérarchie à 1544 kbit/s sur câbles à fibres optiques, et concerne des systèmes fonctionnant avec les débits binaires suivants:

1 544 kbit/s

3 152 kbit/s

6 312 kbit/s

32 064 kbit/s

44 736 kbit/s

 $n \times 44736 \text{ kbit/s}$

97 728 kbit/s

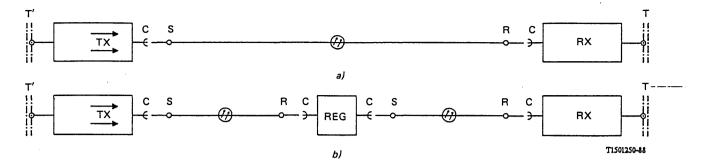
 4×97728 kbit/s.

La présente Recommandation a pour objet de permettre la compatibilité longitudinale sur des sections élémentaires de câbles de systèmes de ligne numérique différents, c'est-à-dire la possibilité d'installer sur le même câble en fibres optiques des systèmes de ligne numérique réalisés par des constructeurs différents.

Pour les besoins de la présente Recommandation, on peut représenter des systèmes de ligne numérique à fibres optiques comme sur la figure 1/G.955. Le système peut ne comporter aucun régénérateur intermédiaire comme indiqué dans la partie a) de la figure 1/G.955, un régénérateur intermédiaire comme indiqué dans la partie b) de la figure 1/G.955 ou un plus grand nombre, selon la conception du système et la longueur du trajet.

La présente Recommandation traite des caractéristiques des équipements conçus pour répondre aux objectifs de qualité de fonctionnement pertinents de la Recommandation G.821 dans toutes les conditions de fonctionnement normalement prévisibles. En tout état de cause, la Recommandation G.821 demeure l'objectif prédominant pour la qualité de fonctionnement du réseau.

D'autres débits hiérarchiques (optique synchrone) sont actuellement à l'étude. Les débits qui doivent être considérés dans la présente Recommandation nécessitent un complément d'étude.



- T. T' Jonction des équipements selon la Recommandation G.703.
- S Point de la fibre optique situé juste après l'émetteur (TX) ou le connecteur optique (C) du régénérateur (REG).
- R Point de la fibre optique juste avant le récepteur (RX) ou le connecteur optique (C) du régénérateur (REG).

Remarque – Les connecteurs supplémentaires du répartiteur (s'il y en a) sont considérés comme faisant partie d'une liaison par fibres et comme étant situés entre les points S et R.

FIGURE 1/G.955

2 Type de support de transmission

On considère que les câbles à fibres optiques multimodes ou monomodes, conformes respectivement aux Recommandations G.651 ou G.652, conviennent à ces systèmes. Le fonctionnement peut se faire dans la région de 850 nm, de 1300 nm ou de 1550 nm, ou de toute autre longueur d'onde, selon le type de fibre et de système utilisé. Les Administrations choisiront les catégories d'affaiblissement et de largeur de bande jugées les plus appropriées pour les différents débits binaires et les différentes longueurs d'onde, en tenant compte des caractéristiques de la liaison à établir et en respectant la présente Recommandation. De même, les pertes dans les épissures et les connecteurs et la marge du câble seront choisies compte tenu de l'affaiblissement de la fibre optique afin d'obtenir l'affaiblissement global indiqué au § 4.

3 Marge du système

Pour les besoins de la présente Recommandation, la marge totale du système [partie a) de la figure 1/G.955] ou la marge de la section élémentaire régénérée [partie b) de la figure 1/G.955] est subdivisée en deux éléments principaux. La répartition de ces marges est représentée sur la figure 2/G.955.

3.1 Marge de câble (M_c)

La marge de câble M_c tient compte des tolérances applicables:

- i) aux modifications futures de la configuration du câble (épissures supplémentaires, longueurs de câble supplémentaires, etc.);
- ii) aux variations des caractéristiques des câbles optiques dues à la modification des conditions ambiantes;
- iii) à toute dégradation des connecteurs entre les points S et R, lorsqu'ils sont prévus.

3.2 Marge d'équipement (M_e)

La marge d'équipement M_e tient compte des effets du temps et des conditions ambiantes sur la qualité de fonctionnement des équipements (par exemple, puissance injectée, sensibilité du récepteur, dégradation des connecteurs de l'équipement).

Remarque I — La marge de conception qui tient compte des tolérances sur les caractéristiques des différents composants du système, n'est pas prise en considération car les valeurs correspondant au cas le plus défavorable de ces caractéristiques sont reprises dans les spécifications du § 4.

Remarque 2 – La marge du système est indiquée à un seuil de taux d'erreur sur les bits de 1×10^{-10} , quand bien même, pour des raisons pratiques, les mesures de la sensibilité du récepteur pourraient être réalisées pour d'autres seuils.

Remarque 3 — La méthode du cas le plus défavorable, adoptée dans la présente Recommandation, laisse une certaine marge supplémentaire dans les systèmes d'exploitation, que l'on peut considérer comme une marge non attribuée.

4 Spécifications du système

La liaison optique d'une section élémentaire régénérée peut être représentée comme sur la figure 2/G.955, du point de vue des spécifications du système.

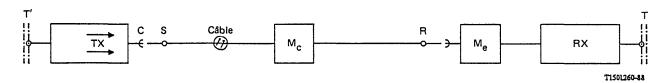


FIGURE 2/G.955

La condition minimale pour les systèmes caractéristiques disponibles dans le commerce est la suivante: l'émetteur et le récepteur devront être conçus de manière que l'on puisse obtenir le taux d'erreur spécifié au § 4.2 et la qualité de fonctionnement optique définie au § 4.6 ou au § 4.7.

4.1 Longueurs de la section de régénération

La longueur de la section de régénération que l'on peut obtenir avec les systèmes spécifiés dans la présente Recommandation dépend des caractéristiques de la fibre et de certaines capacités de l'équipement émetteur/récepteur. Des exemples sont donnés aux annexes A et B.

Pour les systèmes multimodes, la description de la réponse de bande de base avec une seule valeur (la longeur de bande optique à -3 dB) peut ne pas être suffisante pour déterminer si la fibre remplit les conditions voulues pour le système spécifié. Dans certains cas, il peut être nécessaire d'avoir une description plus détaillée de cette caractéristique ou la description de la réponse d'impulsion. De plus, la largeur de bande optique globale à -3 dB est censée inclure des contributions modales et chromatiques.

Pour les systèmes monomodes, une des caractéristiques principales est que, pour une longueur de section donnée, ils présentent un élargissement d'impulsions plus faible que les systèmes multimodes, à condition que la longueur d'onde centrale du laser soit suffisamment proche de la longueur d'onde de dispersion nulle de la fibre.

En général, pour les systèmes à fibres monomodes employant des sources laser fonctionnant près ou en dessous d'un débit binaire nominal de 6×44736 kbit/s, on prévoit que la longueur de la section de régénération sera limitée par affaiblissement et non par dispersion. A des débits binaires plus élevés, la longueur de la section de régénération peut être limitée par dispersion. Par conséquent, il est souhaitable de contrôler si une longueur de section de régénération est limitée par affaiblissement ou par dispersion.

Systèmes à affaiblissement limité: on peut calculer la longueur de la section de régénération à affaiblissement limité en tenant compte du gain du système, de l'affaiblissement introduit par la somme de l'affaiblissement du connecteur et de l'affaiblissement des épissures, de l'affaiblissement de la fibre à la longueur d'onde de fonctionnement, de la marge applicable au câble et de l'affaiblissement supplémentaire dû à une pénalité par dispersion (y compris le bruit de séparation de mode).

Systèmes à dispersion limitée: la longueur de la section de régénération à dispersion limitée dépend de la tolérance du récepteur à la distorsion d'impulsion (par exemple des caractéristiques spectrales de la source de l'émetteur, du bruit de séparation de mode et de la dispersion chromatique de la fibre). Les Administrations doivent consulter les fournisseurs pour déterminer les longueurs à dispersion limitée pour leurs applications. Les systèmes à dispersion limitée nécessitent un complément d'étude.

4.2 Taux d'erreur

Dans la présente Recommandation, les systèmes de ligne numérique considèrent une longueur de section de régénération maximale avec un taux d'erreur sur les bits d'au moins 10^{-10} . Le taux d'erreur doit être conforme au taux global indiqué dans la Recommandation G.821.

4.3 Dynamique du récepteur

La dynamique optique du récepteur doit être au moins suffisante pour donner une gamme de commande automatique de gain (CAG) permettant de compenser les tolérances applicables à la production de l'équipement et les effets de la température et du vieillissement. Il est souhaitable que la dynamique du récepteur réduise autant que possible la nécessité d'installer des affaiblisseurs de ligne.

4.4 Source optique

Les systèmes multimodes peuvent employer comme source des lasers ou des diodes électroluminescentes. Les systèmes monomodes emploient généralement des lasers bien que les diodes électroluminescentes puissent avoir des applications spécifiques à certains débits binaires. Les systèmes monomodes utilisant des diodes électroluminescentes nécessitent un complément d'étude.

4.5 Gamme des longueurs d'onde de fonctionnement

Les longueurs d'onde nominales de 850 nm et de 1300 nm signifient respectivement une utilisation possible en n'importe quel point de la gamme 820 à 910 nm et de la gamme 1270 à 1330 nm pour les systèmes fonctionnant jusques et y compris à des débits binaires proches de 3 × 44 736 kbit/s. Dans le cas d'un débit binaire supérieur à celui proche de 3 × 44 736 kbit/s, la gamme des 1300 nm est restreinte à 1285 à 1330 nm. En ce qui concerne la région autour de 1550 nm, la gamme appropriée est à l'étude.

Remarque 1 — Pour les systèmes monomodes fonctionnant dans la gamme des 1300 nm, la limite inférieure des longueurs d'onde est déterminée en prenant en considération les effets de la dispersion et de la longueur d'onde de coupure, alors que la limite supérieure est déterminée en tenant compte de l'affaiblissement. Il convient en particulier d'observer que la gamme indiquée dans la présente Recommandation est limitée par rapport à la gamme de dispersion de 1270 à 1340 nm mentionnée dans la Recommandation G.652 en raison de la possibilité de crêtes OH liées à des affaiblissements trop forts. Pour que le système fonctionne bien, la longueur d'onde de coupure la plus courte d'une fibre câblée des sections élémentaires des câbles monomodes ne doit pas dépasser la longueur d'onde de fonctionnement. Il faut que le mode du deuxième ordre (LP₁₁) soit suffisamment affaibli le long de la fibre pour que, au détecteur, les effets du bruit modal et de la dispersion bimodale soient négligeables.

Remarque 2 – Les gammes des longueurs d'onde nominales spécifiées ci-dessus sont destinées aux DEL et aux lasers multimodes longitudinaux. Les lasers monomodes longitudinaux nécessitent un complément d'étude.

4.6 Qualité de fonctionnement du trajet optique recommandée pour les systèmes en fibres multimodes

La qualité de fonctionnement du trajet optique entre les points S et R figure dans le tableau 1/G.955 pour les systèmes en fibres multimodes utilisant des DEL ou des lasers multimodes longitudinaux. Cette qualité de fonctionnement comprend la marge du câble (M_c) de même que l'affaiblissement global et la largeur de bande optique de 3 dB. Elle représente les valeurs du paramètre, dans le cas le plus défavorable, tirées de la pratique actuelle dans le cadre de laquelle un système donné doit être conçu. Les choix de compromis entre la largeur de bande, l'affaiblissement, la dispersion, le codage, etc., peuvent modifier ces paramètres.

Le calcul de l'affaiblissement entre points S et R devrait tenir compte de la variation de l'affaiblissement dans la fibre sur la gamme réelle de longueurs d'onde de la source optique.

4.7 Qualité de fonctionnement du trajet optique recommandée pour les systèmes en fibres monomodes

La qualité de fonctionnement du trajet optique entre les points S et R figure au tableau 2/G.955 pour les systèmes en fibres monomodes utilisant des DEL ou des lasers monomodes longitudinaux. Cette qualité de fonctionnement comprend la marge du câble, M_c , de même que l'affaiblissement global et la dispersion. Elle représente les valeurs du paramètre, dans le cas le plus défavorable, tirées de la pratique actuelle dans le cadre de laquelle un système donné doit être conçu. Les choix de compromis entre l'affaiblissement, la dispersion, le codage, etc., peuvent modifier ces paramètres.

Le calcul de l'affaiblissement entre points S et R devrait tenir compte de la variation de l'affaiblissement dans la fibre sur la gamme réelle de longueurs d'onde de la source optique.

TABLEAU 1/G.955

Qualité de fonctionnement recommandée pour les systèmes de ligne numérique en fibres optiques multimodes selon la Recommandation G.651, avec un signal de transmission optique unique

	Longueur d'onde		Qualité de fonctionnement entre S et R à un TEB de 1 × 10 ⁻¹⁰			
Débit binaire nominal (kbit/s)	nominale (nm)	Type de source	Affaiblissement maximal (dB)	Largeur de bande optique globale minimale -3 dB (MHz)		
	, 050	Laser	47	17		
6 312	850	DEL	34	17		
0.312	1200	Laser	34	17		
	1300	DEL	21	17		
	850	Laser	a)	a)		
32 064	850	DEL	a)	. a)		
32 004	1300	Laser	33	65		
	1300	DEL	a)	a)		
	850	Laser	42	62		
44 736		DEL	29	62		
44 /30	1200	Laser	33	62		
	1300	DEL	21	62		
	050	Laser	42	90		
2 × 44 736	850	DEL	a)	a)		
2 × 44 /30	1200	Laser	30	81		
	1300	DEL	a)	a)		
	050	Laser	a)	a)		
97 728	850	DEL	a)	a)		
9/ /28	1200	Laser	31	100		
	1300	DEL	a)	a)		
	050	Laser	a)	a)		
2 44.726	850	DEL	a)	a)		
3 × 44 736	1200	Laser	28	120		
	1300	DEL	a)	a)		

DEL Diode électroluminescente

Remarque 1 – Les valeurs indiquées dans le présent tableau proviennent de types de sources autres que les lasers monomodes longitudinaux.

Remarque 2 - Se référer au § 4.1, Longueurs de la section de régénération, pour d'autres considérations.

a) Valeur à l'étude.

TABLEAU 2/G.955

Qualité de fonctionnement recommandée pour les systèmes de ligne numérique en fibres optiques monomodes conformes à la Recommandation G.652, avec un signal de transmission optique unique

Débit binaire nominal	Longueur d'onde nominale	· Type de source	Qualité de fonctionnement entre S et R à un TEB de 1 × 10 ⁻¹⁰			
(kbit/s)	(nm)	Type de source	Affaiblissement maximal (dB)	Dispersion maximale (ps/nm)		
44 736	1300	Laser	32	N/A		
44 /30	1550	Laser	a)	a)		
2 × 44 736	1300	Laser	28	N/A		
2 x 44 /36	1550	Laser	a)	a)		
97 728	1300	Laser	31	a)		
9/ /28	1550	Laser	a)	a)		
3 × 44 736	1300	Laser	28	N/A		
3 X 44 /30	1550	Laser	a)	a)		
4 × 44 736	1300	Laser	26	N/A		
4 x 44 /30	1550	Laser	a)	a)		
6 × 44 736	1300	Laser	26	(remarque 2)		
6 × 44 /36	1550	Laser	a)	a)		
4 × 97 728	1300	Laser	28	(remarque 2)		
4 X 9/ /26	1550	Laser	a)	a)		
9 × 44 736	1300	Laser	26	(remarque 2)		
9 X 44 /30	1550	Laser	a)	a)		
12 × 44 736	1300	Laser	24	(remarque 2)		
12 X 44 /30	1550	Laser	a)	a)		
18 × 44 736	1300	Laser	24	(remarque 2)		
10 X 44 /30	1550	Laser	a)	a)		
24 × 44 736	1300	Laser	24	(remarque 2)		
24 X 44 /30	1550	Laser	a)	a)		
36 × 44 736	1300	Laser	23	(remarque 2)		
30 X 44 /30	1550	Laser	a)	a)		

a) Valeur à l'étude.

N/A – Non applicable.

Remarque 1 – Les valeurs indiquées dans le présent tableau proviennent de types de sources autres que les lasers monomodes longitudinaux.

Remarque 2 — Les longueurs de la section de régénération peuvent être à dispersion limitée. Les valeurs spécifiques dépendent de plusieurs facteurs et nécessitent un complément d'étude. Se référer au § 4.1, longueurs de la section de régénération, pour d'autres considérations.

4.8 Marge du système

La marge du câble, M_c , et la marge de l'équipement, M_e , dépendent des caractéristiques du système et des conditions ambiantes. Les Administrations doivent examiner en coopération avec les fournisseurs la valeur de ces marges, en fonction de leurs applications et de leurs principes de maintenance. Différents principes de maintenance peuvent exiger différentes valeurs de marges.

4.9 Considérations de choix de compromis

Les qualités de fonctionnement des systèmes de ligne numérique figurant aux tableaux 1/G.955 et 2/G.955 ont pour but de spécifier les caractéristiques minimales des systèmes de transmission ayant des longueurs de section très importantes. Cependant, pour les applications qui ne nécessitent pas des longueurs de section très importantes, on peut utiliser des conceptions d'équipement plus économiques. Les paramètres de cet équipement peuvent différer de ceux figurant aux tableaux 1/G.955 et 2/G.955 en donnant la possibilité de choisir.

Par ailleurs, il peut être nécessaire de recourir à la téléalimentation et à la télésurveillance des régénérateurs intermédiaires.

4.10 Multiplexage par répartition en longueur d'onde

Les conditions auxquelles doivent satisfaire les systèmes de ligne numérique utilisant les techniques de multiplexage par répartition en longueur d'onde fonctionnant soit dans la même région, soit dans des régions différentes, sont en cours d'étude.

5 Alimentation en énergie

Les dispositifs d'alimentation en énergie, s'ils existent, devront faire l'objet d'un complément d'étude.

6 Conditions de fonctionnement

Voir la Recommandation G.950.

7 Caractéristiques globales de conception

A l'étude.

8 Principes de maintenance

8.1 Type de supervision et de localisation des défaillances

On peut effectuer une surveillance en cours de service ou une localisation des défaillances en dehors du service. En l'absence de conducteurs métalliques appropriés dans le câble optique, la supervision du régénérateur intermédiaire devrait éventuellement être effectuée par les mêmes deux fibres optiques que celles utilisées dans le système de ligne, ou par d'autres fibres à l'intérieur du câble.

8.2 Défaillances et dispositions correspondantes

Les défaillances et dispositions correspondantes devraient être complémentaires de celles recommandées pour les sections numériques. Pour les systèmes à laser, il est recommandé de prévoir un moyen permettant de détecter une détérioration du laser. A cette fin, il est utile d'avoir une indication d'alarme de maintenance différée.

9 Considérations de sécurité

La CEI élabore actuellement des Recommandations relatives à la sécurité d'utilisation, la maintenance et la bonne marche des systèmes de communications à fibres optiques utilisant des lasers ou des DEL dont les longueurs d'onde de sortie vont de 400 à 3000 nm. Cela comprend les gammes de longueurs d'onde de fonctionnement définies au § 4.5. Les Recommandations de la CEI seront prises en considération dans la présente Recommandation, une fois cette étude terminée.

ANNEXĖ A

(à la Recommandation G.955)

Exemple de calcul de la longueur de la section de régénération pour des systèmes à laser à 6 Mbit/s fonctionnant à 850 nm sur des fibres multimodes

- A.1 On peut calculer la longueur de la section de régénération en considérant qu'à la fin du conduit optique entre les points S et R (voir la figure 2/G.955), l'affaiblissement global ne doit pas dépasser 47 dB et la largeur de bande totale ne doit pas être inférieure à 17 MHz. Dans l'exemple ci-après, on a supposé une répartition des modes proche de l'équilibre au point S.
- A.2 Pour les applications à pertes limitées, on peut à titre d'exemple et sans référence à aucune situation particulière, obtenir la longueur maximale de la section de régénération de la manière suivante:

- affaiblissement des fibres optiques sur 850 nm - pertes dans les épissures 0,4 dB/km - marge du câble (M_c) 0,4 dB/km Total 3,8 dB/km

Longueur de la section de régénération $\frac{47}{3.8}$ = 12,4 km.

On suppose ici qu'il n'y a pas de connecteurs entre les points S et R.

A.3 Largeur de bande: pour obtenir cette longueur de section de régénération et pour observer la limite globale de 17 MHz, il convient d'utiliser des fibres ayant une largeur de bande de 106 MHz si le facteur est de 0,75. Pour toutes informations supplémentaires sur le calcul de la largeur de bande des sections élémentaires de câble, voir la Recommandation G.651.

ANNEXE B

(à la Recommandation G.955)

Exemple de calcul de la longueur de la section de régénération pour des systèmes à laser à 3 × 45 Mbit/s fonctionnant à 1300 nm sur des fibres monomodes

- B.1 La longueur de la section de régénération peut être calculée en tenant compte du fait qu'à l'extrémité du trajet optique entre points S et R (voir la figure 2/G.955 dans le corps de la Recommandation), l'affaiblissement global ne devrait pas dépasser 28 dB pour des systèmes fonctionnant dans la gamme de longueurs d'onde comprise entre 1270 et 1330 nm.
- B.2 En ce qui concerne l'affaiblissement, la longueur de la section de régénération peut être calculée comme suit à titre d'exemple et sans référence à une situation particulière:

(Longueur d'une section de régénération 28 dB/0,7 dB/km = 40 km.)

Remarque 1 – Ce calcul est fondé sur l'hypothèse qu'il n'y a pas de connecteur entre les points S et R.

Remarque 2 – Un ajustement approprié doit être apporté à l'affaiblissement de la fibre dans ce bilan pour les systèmes fonctionnant à des longueurs d'onde autres que 1300 nm pour tenir compte des variations de l'affaiblissement spectral de la fibre.

B.3 Dans le cas de systèmes fonctionnant à des débits binaires supérieurs, la longueur de la section de régénération peut être limitée par la dispersion. Un exemple spécifique dépend de plusieurs facteurs (comme dans le § 4.1) et nécessite des études complémentaires.

SYSTÈMES DE LIGNE NUMÉRIQUE FONDÉS SUR LA HIÉRARCHIE À 2048 kbit/s SUR CÂBLES À FIBRES OPTIQUES

(Malaga-Torremolinos, 1984; modifiée à Melbourne, 1988)

1 Considérations générales

La présente Recommandation traite des systèmes de ligne numérique pour transmission de signaux fondés sur la hiérarchie 2048 kbit/s sur câbles à fibres optiques, et concerne des systèmes fonctionnant aux débits binaires suivants:

2 048 kbit/s

8 448 kbit/s

34 368 kbit/s

139 264 kbit/s

 4×139264 kbit/s.

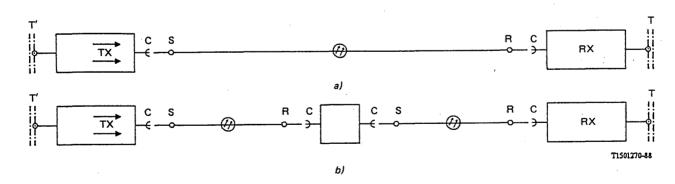
Remarque – Les systèmes à débits binaires plus élevés sont en cours d'étude (pour le moment, ces débits binaires sont de l'ordre de 1,2 Gbit/s et/ou de 2,4 Gbit/s).

Les spécifications relatives à la qualité générale de fonctionnement et aux interfaces des sections numériques sont indiquées dans la Recommandation G.921.

La présente Recommandation a pour objet de permettre la compatibilité longitudinale, sur des sections élémentaires de câbles, de systèmes de ligne numérique différents, c'est-à-dire la possibilité d'installer sur le même câble en fibres optiques des systèmes de ligne numérique réalisés par des constructeurs différents.

Pour les besoins de la présente Recommandation, on peut représenter des systèmes de ligne numérique à fibres optiques comme sur la figure 1/G.956. Le système peut ne comporter aucun régénérateur intermédiaire comme indiqué dans la partie a) de la figure 1/G.956, un régénérateur intermédiaire comme indiqué dans la partie b) de la figure 1/G.956 ou un plus grand nombre, selon la conception du système et la longueur du trajet.

La présente Recommandation couvre les caractéristiques des équipements conçus pour répondre aux objectifs de qualité de fonctionnement pertinents des Recommandations G.821 et G.921 dans toutes les conditions de fonctionnement normalement prévisibles. En tout état de cause, la Recommandation G.821 demeure l'objectif prédominant pour la qualité de fonctionnement du réseau.



- T, T' Jonction des équipements selon la Recommandation G.703.
- S Point de la fibre optique situé juste après l'émetteur (TX) ou le connecteur optique (C) du régénérateur (REG).
- Point de la fibre optique juste avant le récepteur (RX) ou le connecteur optique (C) du régénérateur (REG).

Remarque – Les connecteurs supplémentaires du répartiteur (s'il y en a) sont considérés comme faisant partie d'une liaison par fibres et comme étant situés entre les points S et R.

FIGURE 1/G.956

2 Type de transport de transmission

On considère que les câbles à fibres optiques multimodes ou monomodes, conformes respectivement aux Recommandations G.651 ou G.652, conviennent à ces systèmes. Le fonctionnement peut se faire dans la région de 850 nm, de 1300 nm ou de 1550 nm, ou de toute autre longueur d'onde, selon le type de fibre et de système utilisé. Les Administrations choisiront les catégories d'affaiblissement et de largeur de bande jugées les plus appropriées pour les différents débits binaires et les différentes longueurs d'onde, en tenant compte des caractéristiques de la liaison à établir et en respectant la présente Recommandation. De même, les pertes dans les épissures et les connecteurs et la marge du câble seront choisies compte tenu de l'affaiblissement de la fibre optique afin d'obtenir l'affaiblissement global indiqué au § 4.

3 Marge du système

Pour les besoins de la présente Recommandation, la marge totale du système [partie a) de la figure 1/G.956] ou la marge de la section élémentaire régénérée [partie b) de la figure 1/G.956] est subdivisée en deux éléments principaux. La répartition de ces marges est représentée sur la figure 2/G.956.

3.1 Marge du câble (M_c)

La marge du câble M_c tient compte des tolérances applicables:

- i) aux modifications futures de la configuration du câble (épissures supplémentaires, longueurs de câble supplémentaires, etc.);
- ii) aux variations des caractéristiques des câbles optiques dues à la modification des conditions ambiantes:
- iii) à toute dégradation des connecteurs entre les points S et R, lorsqu'ils sont prévus.

3.2 Marge d'équipement (M_e)

La marge d'équipement M_e tient compte des effets du temps et des conditions ambiantes sur la qualité de fonctionnement des équipements (par exemple, puissance injectée, sensibilité du récepteur, dégradation des connecteurs de l'équipement).

Remarque 1 — La marge de conception, qui tient compte des tolérances sur les caractéristiques des différents composants du système, n'est pas prise en considération car les valeurs correspondant au cas le plus défavorable de ces caractéristiques sont reprises dans les spécifications du § 4.

Remarque 2 — La marge du système est indiquée par rapport à un seuil de taux d'erreur sur les bits de $1 \cdot 10^{-10}$, même si, pour des raisons pratiques, les mesures de la sensibilité du récepteur peuvent être effectuées à d'autres seuils.

Remarque 3 – La méthode du cas le plus défavorable, adoptée dans la présente Recommandation, laisse une certaine marge supplémentaire dans les systèmes en exploitation, que l'on peut considérer comme une marge non attribuée.

4 Spécifications du système

La liaison optique d'une section élémentaire régénérée peut être représentée comme sur la figure 2/G.956, du point de vue des spécifications du système.

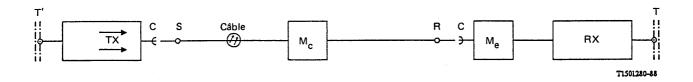


FIGURE 2/G.956

La condition minimale pour la longueur de section maximale est la suivante: l'émetteur et le récepteur devront être conçus de manière que l'on puisse obtenir le taux d'erreur dont traite le § 4.2 avec le trajet optique défini au § 4.6 ou au § 4.7.

4.1 Longueurs de la section élémentaire régénérée

La longueur de la section élémentaire régénérée que l'on peut obtenir avec les systèmes spécifiés dans la présente Recommandation dépend des caractéristiques de la fibre. Dans le cas des systèmes à affaiblissement limité, on peut calculer cette longueur en tenant compte des affaiblissements d'épissure, de la marge applicable au câble, des valeurs de l'affaiblissement de la fibre à la longueur d'onde de fonctionnement et de la présence possible de connecteur entre S et R. On trouvera des exemples dans les annexes A et B.

4.2 Taux d'erreur

Les systèmes de ligne numérique décrits dans la présente Recommandation sont nécessaires pour obtenir un taux d'erreur conforme à «la classification de qualité de section 1» définie dans la Recommandation G.921. Etant donné que ces systèmes sont nécessaires pour répondre à un seuil de «minute avec dégradations» d'au moins $1 \cdot 10^{-6}$, et que les systèmes futurs devront être capables de satisfaire à un seuil de «minute avec dégradations» de $1 \cdot 10^{-7}$, l'émetteur et le récepteur seront conçus de manière que l'on puisse obtenir un TEB d'au moins $1 \cdot 10^{-10}$ si l'on travaille sur un trajet optique entre les points S et R correspondant aux valeurs pertinentes indiquées au tableau 1/G.956 pour les systèmes à fibres multimodes et au tableau 2/G.956 pour les systèmes à fibre monomode.

4.3 Portée dynamique du récepteur

La portée dynamique optique du récepteur doit être au moins suffisante pour donner une gamme de CAG permettant de compenser les tolérances applicables à la production de l'équipement et les effets de la température et du vieillissement. Il est souhaitable que la dynamique du récepteur réduise aussi au minimum la nécessité d'adjoindre des affaiblisseurs de ligne.

4.4 Source optique

Les systèmes multimodes peuvent employer comme sources des lasers ou des diodes électroluminescentes. Les systèmes monomodes emploient généralement des lasers bien que les diodes électroluminescentes puissent avoir des applications spécifiques à certains débits binaires. Les systèmes monomodes utilisant des diodes électroluminescentes nécessitent un complément d'étude.

4.5 Gamme des longueurs d'onde de fonctionnement

Les longueurs d'onde nominales de 850 nm et de 1300 nm signifient respectivement une utilisation possible à n'importe quel point de la gamme 820 à 910 nm et de la gamme 1270 à 1330 nm pour les systèmes fonctionnant jusqu'à et y compris 140 Mbit/s. Dans les cas de système à débit binaire nominal de 4 × 140 Mbit/s, la gamme des 1300 nm est restreinte à 1285 à 1330 nm. En ce qui concerne la région autour de 1550 nm, la gamme appropriée est à l'étude.

Remarque — Pour les systèmes monomodes fonctionnant dans la gamme des 1300 nm, la limite inférieure des longueurs d'onde est déterminée en prenant en considération les effets de la dispersion et de la longueur d'onde de coupure, bien que la limite supérieure soit déterminée en prenant en considération la dispersion et l'affaiblissement. Plus particulièrement, il convient d'observer que la gamme indiquée dans la présente Recommandation est limitée par rapport à la gamme de dispersion 1270 à 1340 nm citée dans la Recommandation G.652 en raison de la possibilité d'une crête OH liée à des affaiblissements excessifs. Pour que le système fonctionne bien, la longueur d'onde de coupure de la longueur la plus courte de la fibre câblée dans des sections élémentaires des câbles monomodes ne doit pas dépasser la longueur d'onde de fonctionnement. Il faut que le mode du deuxième ordre (LP₁₁) soit suffisamment affaibli le long de la fibre pour que, au détecteur, les effets du bruit modal et de la dispersion bimodale soient négligeables.

4.6 Caractéristiques du trajet optique pour les systèmes à fibre multimode

La qualité de fonctionnement du trajet optique entre les points S et R figure au tableau 1/G.956 pour les systèmes à fibre multimode. Ces tolérances englobent la marge du câble, M_c , et comprendent l'affaiblissement global et la largeur de bande optique de 3 dB.

Le calcul de l'affaiblissement entre points S et R devrait tenir compte de la variation de l'affaiblissement de la fibre optique sur la gamme rèelle de longueurs d'onde de la source optique.

TABLEAU 1/G.956

Qualité de fonctionnement du trajet optique recommandée pour les systèmes de ligne numérique en fibres optiques multimodes conformes à la Recommandation G.651, avec un seul signal de transmission optique

	Longueur d'onde	Longueur d'onde		nement entre S et R de 1 × 10 ⁻¹⁰
Débit binaire nominal (kbit/s)	nominale (nm)	Type de source	Affaiblissement maximal (dB)	Largeur de bande optique globale minimale – 3 dB (MHz)
	850	Laser	51	10
2 048	650	DEL	a)	10
2 040	1300	Laser	46	10
	1300	DEL	30	10
	850	Laser	47	20
8 448	850	DEL	a)	a)
0 440	1300	Laser	a)	a)
	1300	DEL	a)	a)
	050	Laser	41	50
. 34 368	850	DEL	a)	a)
. 34 368	4200	Laser	, 35	50
	1300	DEL	22 b)	50
	050	Laser	35	100
120.264	850	DEL	a)	a)
139 264	1200	Laser	27	100 ′
	1300	DEL	18 ^{b)}	100

a) Valeur à l'étude.

Remarque l — La description de la réponse de bande de base ayant une valeur unique (la largeur de la bande optique à -3 dB) peut ne pas être suffisante pour déterminer si la fibre remplit les conditions voulues pour être utilisée dans le système spécifié. On peut supposer qu'une réponse d'impulsion quasi gaussienne peut être prise comme hypothèse à des fins de conception, mais une description plus détaillée de la réponse de la fibre peut être nécessaire dans certains cas.

Remarque 2 — Dans le cas des systèmes à DEL pour les valeurs figurant au tableau, la fibre optique est supposée avoir une ouverture numérique nominale de 0,20-0,21. De plus, la largeur de bande optique globale à -3 dB (modale + chromatique) est supposée être mesurée avec une source optique ayant une largeur de ligne maximale (LTMH) de 60 nm et de 100 nm centrée à 850 nm et 1300 nm respectivement.

4.7 Caractéristiques du trajet optique pour les systèmes à fibre monomode

La qualité de fonctionnement du trajet optique entre les points S et R figure au tableau 2/G.956 pour les systèmes à fibres monomodes. Cette qualité de fonctionnement comprend la marge du câble, M_c , de même que l'affaiblissement global et la dispersion.

Le calcul de l'affaiblissement entre points S et R devrait tenir compte de la variation de l'affaiblissement de la fibre optique sur la gamme réelle de longueurs d'onde de la source optique.

b) Valeur provisoire.

TABLEAU 2/G.956

Qualité de fonctionnement du trajet optique recommandée pour les systèmes de ligne numérique en fibres optiques monomodes conformes à la Recommandation G.652, avec un seul signal de transmission optique

Débit binaire nominal	Longueur d'onde nominale	Type de source	Qualité de fonctionnement entre S et R à un TEB de 1 × 10 ⁻¹⁰			
(kbit/s)	(nm)		Affaiblissement maximal (dB)	Dispersion maximale (ps/nm)		
2 048	1300	Laser	46	N/A		
2 040	1550	Laser	a)	a)		
8 448	1300	Laser	40	N/A		
0 440	1550	Laser	a)	a)		
34 368	1300	Laser	35	N/A		
34 308	1550	Laser	a)	a)		
139 264	1300	Laser	28 . (remarque 2)	300 (remarque 3)		
	1550	Laser	a) .	a)		
4 × 139 264	1300	Laser (Fabry-Perot)	. 24	120 (remarque 1)		
	1550	Laser	a)	a)		

a) Valeur à l'étude.

N/A Non applicable.

Remarque 1 — Cette valeur indique la dispersion maximale admissible pour des systèmes à 4 × 139 264 kbit/s aux limites de la gamme de longueurs d'onde de fonctionnement spécifiée (1285 et 1330 nm). Le fournisseur du système devra déterminer toute pénalité de conception qui en résulte en considérant l'effet du bruit de répartition de mode, la dispersion chromatique, etc., due aux caractéristiques spectrales de la source optique. Pour le fonctionnement fiable des systèmes, il peut être nécessaire de limiter la dispersion maximale à la longueur d'onde de fonctionnement du système à moins de 100 ps/nm; cela peut se faire en confinant la longueur d'onde de fonctionnement du système à une gamme de longueurs d'onde réduite proche de la dispersion nulle de la fibre.

Remarque 2 — Pour des applications dans lesquelles l'objectif principal est de maximiser la longueur de la section élémentaire régénérée, les valeurs pourraient être supérieures à 28 dB (par exemple 31 dB).

Remarque 3 — Cette valeur indique la dispersion maximale admissible pour les systèmes à 139 264 kbit/s à la limite de la gamme de longueur d'onde de fonctionnement spécifiée (1270-1330 nm). Si l'on veut optimiser la conception de système, il peut être nécessaire de limiter la dispersion à la longueur d'onde de fonctionnement du système à moins de 300 ps/nm. On peut y parvenir en réduisant la longueur d'onde de fonctionnement du système à une gamme limitée de longueurs d'onde proche de la dispersion de la fibre.

4.8 Marge de l'équipement (M_e)

La marge de l'équipement telle qu'elle est définie au § 3.2 dépend des caractéristiques du système, des conditions ambiantes et des principes de maintenance. Les Administrations auront à coopérer avec le fournisseur du système pour choisir une valeur appropriée aux applications qu'elles envisagent.

Une marge minimale de 3 dB pourrait convenir pour les systèmes utilisant des lasers stabilisés en température et des détecteurs PIN qui fonctionnent dans un milieu de station typique.

Des marges supérieures peuvent être nécessaires dans des systèmes utilisant des diodes électroluminescentes ou des lasers non stabilisés en température, ou dans des systèmes fonctionnant dans un milieu extérieur.

4.9 Systèmes pour applications à courte distance

Les tolérances indiquées pour les systèmes de ligne numérique dans les tableaux 1/G.956 et 2/G.956 visent à spécifier les conditions minimales auxquelles doivent répondre les systèmes de transmission aux longueurs de section maximales. Toutefois, pour les applications qui ne demandent pas de telles longueurs, on peut utiliser des équipements de conception plus économique. Dans le cas de ces équipements, les paramètres peuvent différer, moyennant certains compromis, des paramètres indiqués dans les tableaux 1/G.956 et 2/G.956.

De plus, la téléalimentation et le télécontrôle des régénérateurs intermédiaires peuvent ne pas être nécessaires.

4.10 Multiplexage par répartition en longueur d'onde

Les conditions auxquelles doivent satisfaire les systèmes de ligne numérique qui emploient les techniques de multiplexage par répartition en longueur d'onde fonctionnant soit dans la même région de longueur d'onde, soit dans des régions de longueur d'onde différentes, sont en cours d'étude.

5 Alimentation en énergie

L'utilisation de répéteurs régénérateurs téléalimentés n'est généralement pas nécessaire pour les systèmes à fibres optiques. Il n'y a donc pas lieu de recommander un système de téléalimentation particulier.

Lorsque pour une application particulière, on est amené à recourir à la téléalimentation, on doit employer uniquement une alimentation à courant continu constant.

Là où il faut prévoir une alimentation locale, une source de tensions continue est suffisante.

On doit prendre des précautions afin de protéger le personnel contre tout danger éventuel dû aux tensions normales de fonctionnement et aux courants de téléalimentation aussi bien qu'aux tensions et aux courants induits. On devra prendre des mesures de sécurité appropriées pour que, en cas de conditions anormales, les conditions énoncées dans la Recommandation 479 de la CEI soient satisfaites.

On veillera aussi à protéger l'équipement contre les tensions et les courants induits.

Remarque – Les précautions à prendre en cas de tensions ou de courants induits nécessitent un complément d'étude. Les Recommandations de la série K doivent pouvoir s'appliquer à ce cas.

6 Conditions de fonctionnement

Voir la Recommandation G.950.

7 Caractéristiques globales de conception

A l'étude.

8 Principes de maintenance

8.1 Type de supervision et de localisation des défaillances

On peut effectuer une surveillance en cours de service ou une localisation des défaillances en dehors du service. Pour des débits binaires supérieurs ou égaux à 139 264 kbit/s, il est recommandé d'effectuer une surveillance en cours de service. En l'absence de conducteurs métalliques appropriés dans le câble optique, la supervision du régénérateur intermédiaire devrait éventuellement être effectuée par les mêmes deux fibres optiques que celles utilisées dans le système de ligne.

8.2 Défaillances et dispositions correspondantes

Indépendamment des défaillances qui sont spécifiées dans la Recommandation G.921 pour les sections de ligne numérique pertinentes, il convient de détecter les défaillances suivantes et de prendre les dispositions correspondantes qu'elles appellent:

- a) défaillance de la téléalimentation (si applicable) –
 une alarme de maintenance doit être promptement déclenchée, si possible;
- b) dépassement du seuil de taux d'erreur –
 ce seuil est de 1 · 10⁻⁵ pour les systèmes à 2048 et à 8448 kbit/s
 et de 1 · 10⁻⁶ pour les systèmes à débit binaire plus élevé;

une alarme de maintenance différée doit être déclenchée pour avertir que la qualité se détériore.

De plus, pour les systèmes dotés d'un laser, il est conseillé de pouvoir détecter toute détérioration du laser. Pour ce type de défaillance une indication d'alarme de maintenance différée semble suffisante.

9 Considérations de sécurité

La CEI élabore actuellement des Recommandations relatives à la sécurité d'utilisation, la maintenance et la bonne marche des systèmes de ligne en câbles à fibres optiques dont les longueurs d'onde de fonctionnement vont de 400 à 3000 nm. Cela comprend les gammes de longueurs d'onde de fonctionnement définies au § 4.5. Une fois cette étude terminée, les Recommandations de la CEI seront prises en considération dans la présente Recommandation.

ANNEXE A

(à la Recommandation G.956)

Exemple de calcul de la longueur de la section de régénération pour des systèmes à laser à 34 Mbit/s fonctionnant à 1300 nm sur des fibres multimodes

- A.1 On peut calculer la longueur de la section de régénération en considérant qu'à la fin du conduit optique entre les points S et R (voir la figure 2/G.956 dans le texte de la Recommandation), l'affaiblissement global ne doit pas dépasser 35 dB et la largeur de bande totale ne doit pas être inférieure à 50 MHz. Dans l'exemple ci-après, on a supposé une répartition des modes proche de l'équilibre au point S.
- A.2 Pour ce qui est de l'affaiblissement, on peut, à titre d'exemple et sans référence à aucune situation particulière, obtenir la longueur de la section de régénération de la manière suivante:

_	affaiblissement des fibres optiques sur 1300 nm		1,0 dB/km
_	pertes dans les épissures		0,3 dB/km
-	marge du câble (M_c)		0.3 dB/km
		Total	1 6 dR/km

Longueur de la section de régénération $\frac{35}{1.6}$ = 22 km.

On suppose ici qu'il n'y a pas de connecteurs entre les points S et R.

Remarque — Si la valeur d'affaiblissement des fibres à la longueur d'onde de fonctionnement est différente de ce qu'elle est à 1300 nm, il faut prévoir une marge appropriée dans le bilan ci-dessus.

A.3 Largeur de bande: pour obtenir cette longueur de section de régénération et pour observer la limite globale de 50 MHz, il convient d'utiliser des fibres ayant une largeur de bande de 500 MHz si le facteur est de 0,75. Pour toutes informations supplémentaires sur le calcul de la largeur de bande des sections élémentaires de câble, voir la Recommandation G.651.

ANNEXE B

(à la Recommandation G.956)

Exemple de calcul de la longueur de la section de régénération pour un système à laser à 4 × 140 Mbit/s fonctionnant à 1300 nm sur des fibres monomodes

B.1 La longueur d'une section de régénération peut être calculée en tenant compte du fait que, à l'extrémité du trajet optique entre points S et R (voir la figure 2/G.956 dans le corps de la Recommandation), l'affaiblissement global ne devrait pas dépasser 24 dB et la dispersion globale 120 ps/nm dans le cas de systèmes fonctionnant aux longueurs d'onde comprises entre 1285 et 1330 nm.

B.2 En ce qui concerne l'affaiblissement, on peut calculer la longueur d'une section de régénération sous forme d'exemple et sans référence à aucune situation particulière de la façon suivante:

- affaiblissement de fibres optiques à 1300 nm 0,40 dB/km - affaiblissement aux épissures 0,15 dB/km - marge du câble (M_c) 0,15 dB/km Total 0,70 dB/km

Longueur de la section de régénération $\frac{24}{0.7}$ = 34 km.

Dans les calculs ci-dessus, on admet par hypothèse qu'il n'y a aucun connecteur entre les points S et R.

Remarque – Un ajustement approprié devrait être apporté à l'affaiblissement de la fibre dans le bilan ci-dessus dans le cas de systèmes fonctionnant à des longueurs d'onde autres que 1300 nm pour tenir compte de la variation de l'affaiblissement spectral de la fibre.

B.3 En ce qui concerne la dispersion, la fibre monomode décrite dans la Recommandation G.652 est appropriée pour obtenir une longueur de section de régénération de cet ordre et pour respecter la limite globale de 120 ps/nm. Si la dispersion de la fibre doit être limitée à 100 ps/nm, une gamme de longueurs d'onde réduite de 1293 à 1327 nm serait nécessaire pour une fibre ayant la dispersion spécifiée dans la Recommandation G.652.

9.6 Section numérique et systèmes de transmission numérique pour accès usager RNIS

Recommandation G.960

SECTION NUMÉRIQUE POUR ACCÈS RNIS AU DÉBIT DE BASE

(Melbourne, 1988)

1 Considérations générales

1.1 Portée

La présente Recommandation décrit les caractéristiques d'une section numérique pour l'accès usager RNIS au débit de base, entre l'interface usager-réseau (au point de référence T défini dans la Recommandation I.411) et le commutateur local (au point de référence V₁ défini dans la Recommandation Q.512) assurant la structure de canal recommandée 2B + D et les fonctions supplémentaires requises.

Dans la présente Recommandation, à moins qu'il n'en soit autrement spécifié, le terme ET désigne les aspects terminaison/couche 1 des groupes fonctionnels ET1, AT et TR2.

Quand le terme ET désigne les aspects terminaison/couche 1 de ET1, les points de référence S et T coı̈ncident, conformément à la figure 2/I.411.

La terminologie utilisée dans la présente Recommandation est très spécifique et ne se trouve pas dans les autres Recommandations traitant de terminologie. On trouve dans l'annexe B à la présente Recommandation les termes et les définitions qui y sont employés.

1.2 Configuration

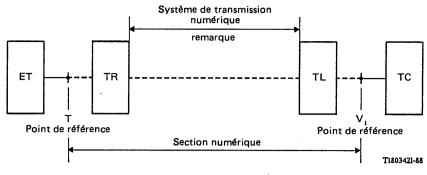
La figure 1/G.960 montre les limites de la section numérique par rapport à la définition du système numérique.

La notion de section numérique est utilisée pour permettre la description des fonctions et des procédures du réseau, ainsi que la définition de ses caractéristiques.

Les points de référence T et V₁ ne sont pas identiques, la section numérique n'est donc pas symétrique.

La notion de système de transmission numérique est utilisée pour permettre la description des caractéristiques d'une mise en œuvre faisant appel à un moyen de transmission déterminé grâce auquel est établie la section numérique.

Remarque - Les points de référence T et V sont définis dans les Recommandations I.411 et Q.512.



Equipement terminal

Terminaison de commutateur

Terminaison de ligne

Terminaison de réseau

Remarque - Le système de transmission numérique peut être un système en ligne à paires métalliques, à fibres optiques ou en ondes hertziennes.

FIGURE 1/G.960

Limites de la section numérique et du système de transmission

1.3 **Application**

La section numérique d'accès de base peut être appliquée comme l'indique la figure 2/G.960:

- à l'accès direct au commutateur local (point de référence V₁);
- à l'accès au commutateur local en passant par un équipement de multiplexage à accès de base (interface-V₄);
- à l'accès au commutateur local en passant par un concentrateur d'accès de base (interface-V2).

1.4 Abréviations

Un certain nombre d'abréviations est utilisé dans la présente Recommandation. Certaines sont couramment utilisées dans la configuration de référence RNIS mais d'autres ont été créées en vue de la présente Recommandation. Ces dernières sont les suivantes:

Canal de commande au point de référence V₁ C_{V1}

SN Section numérique

EF Elément fonctionnel utilisé entre ET et TL

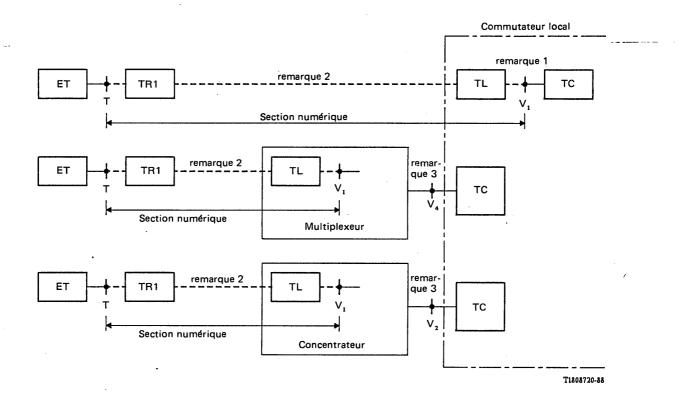
Information d'indication de dérangement ILD

INFO Elément d'information défini à l'interface usager-réseau

SIG Signal entre TL et TR1

Modélisation et relation entre la section numérique et TC

Le modèle général représenté à la figure 3/G.960 décrit la totalité couche 1 accès usager RNIS, avec les entités adjacentes, et fournit la base nécessaire à la description des fonctions respectivement accomplies par la section numérique, ET, TC et la gestion du système, ainsi que de la façon dont sont groupées différentes fonctions. En particulier, conformément à ce modèle, les procédures activation/désactivation et les fonctions de maintenance spécifiées dans la présente Recommandation ne se limitent pas aux fonctions assumées par la section numérique: elles englobent des fonctions associées à TC couche 1.



Remarque 1 - TL peut être intégré avec TC, ou séparé (comme partie intégrante ou à l'extérieur du commutateur local).

Remarque 2 — Dans le cas d'une section numérique utilisant un système de transmission numérique à paires métalliques, on peut prévoir l'application d'un seul régénérateur.

Remarque 3 — On envisage des applications locales et à distance. Dans le second cas, une liaison transparente entre le multiplexeur ou le concentrateur éloigné et le commutateur local sera utilisée.

FIGURE 2/G.960

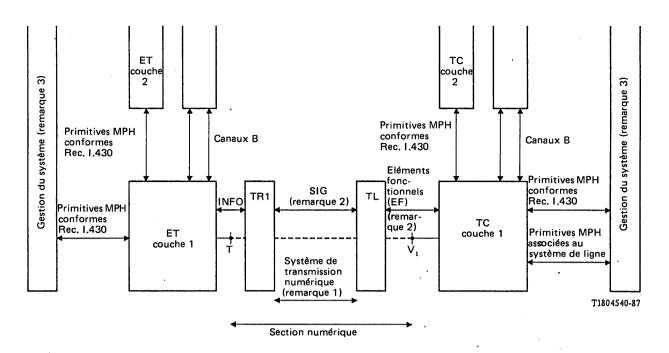
Application de la section numérique

Le modèle inclut des procédures de primitive entre TC couche 1, TC couche 2 et gestion du système:

- i) interaction I.430 à I.440/I.441 entre TC couche 1 et TC couche 2 et entre TC couche 1 et gestion du réseau, respectivement fondées sur les primitives PH et MPH telles que définies dans la Recommandation I.430. Ces interactions permettent l'accomplissement des fonctions spécifiées dans les Recommandations I.440 et I.441;
- ii) interactions entre TC couche 1 et gestion du système, pour l'accomplissement des fonctions associées à la section numérique, fondées sur les primitives MPH.

Dans ET, les procédures de primitive sont conformes à la spécification de la Recommandation I.430.

Le modèle n'impose aucune limitation aux arrangements de couche 1 entre TL et TR (il est également applicable à l'accès à distance, comme l'indique la figure 2/G.960), ou à la technologie des systèmes de transmission numérique.



Remarque 1 — Le système de transmission numérique est un système en ligne utilisant une paire de fils métalliques, des fibres optiques ou les ondes hertziennes.

Remarque 2 — SIG, EF et primitives signifient échange d'information, sans impliquer de codage ou de mise en œuvre spécifique. Certaines de ces fonctions peuvent se terminer dans TL sans entrer dans le système de transmission numérique.

Remarque 3 - L'expression gestion du système correspond à la fois à gestion du système et gestion de la couche, ainsi que le définit la Recommandation Q.940.

FIGURE 3/G.960

Modèle général de couche 1 accès usager RNIS, avec les entités adjacentes

3 Fonctions

La figure 4/G.960 montre les fonctions auxquelles doit se prêter la section numérique accès de base.

3.1 Canal B

Cette fonction fournit, pour chaque sens de la transmission, deux canaux indépendants à 64 kbit/s pour utilisation comme canaux B (tels que définis dans la Recommandation I.412).

3.2 Canal D

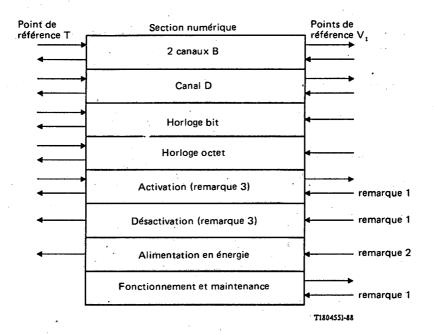
Cette fonction fournit, pour chaque sens de la transmission, un canal D au débit binaire de 16 kbit/s (tel que défini dans la Recommandation I.412).

3.3 Horloge bit

Cette fonction fournit l'horloge bit (élément de signal) pour permettre à l'équipement de réception d'extraire l'information du train composite de bits. En ce qui concerne le point de référence V₁, la fonction d'horloge bit est utilisée tant pour l'émission que pour la réception des données.

3.4 Horloge octet

Cette fonction fournit une horloge octet à 8 kHz pour les canaux B.



Remarque 1 - Ces fonctions sont acheminées par le canal C_{V1} au point de référence V₁.

Remarque 2 - Cette fonction est optionnelle.

Remarque 3 — Les fonctions activation/désactivation concernent l'exploitation de la section numérique et de l'interface usager-réseau. Pour des raisons de concordance avec la Recommandation I.430, elles sont cependant décrites comme des fonctions séparées.

FIGURE 4/G.960

Fonctions de la section numérique

3.5 Activation

3.5.1 Activation à partir de TC

Cette fonction met toutes les fonctions de la section numérique dans un mode de fonctionnement normal et permet l'activation de l'interface au point de référence T, conformément à la Recommandation I.430. Cela tient compte:

- du mode énergie réduite;
- du réseau initial d'énergie (power up);
- des conditions de dérangement.

Les procédures et l'échange d'information sont décrits au § 5 de la présente Recommandation.

Une activation doit être possible dans un état tel que les opérations de maintenance puissent avoir lieu dans la section numérique même quand aucun équipement d'usager n'est connecté au point de référence T.

Dans le cas d'une section numérique d'accès de base utilisant un système de transmission numérique à ligne métallique, un mode supplémentaire de fonctionnement peut s'appliquer à l'activation/désactivation: activer/désactiver la seule section numérique. Il s'agit d'un mode optionnel.

3.5.2 Demande d'activation à partir de ET

Cette fonction permet l'activation de la section numérique et de l'interface au point de référence T, conformément à la Recommandation I.430.

Ces fonctions sont acheminées par le canal C_{V1} (voir le § 7).

3.6 Désactivation

Cette fonction est spécifiée pour que l'interface au point de référence T et la section numérique fonctionnent en mode alimentation réduite. Les procédures et l'échange d'information sont décrits au § 5 de la présente Recommandation.

La désactivation ne doit être initialisée que par le commutateur (CT).

Cette fonction est acheminée par le canal C_{V1} (voir le § 7).

3.7 Alimentation en énergie

Cette fonction prévoit l'alimentation à distance de TR1 et, sur option, de ET, en passant par l'interface usager-réseau, conformément au § 9 de la Recommandation I.430.

3.8 Fonctionnement et maintenance

Cette fonction assure les actions et les informations requises pour le fonctionnement et la maintenance de la section numérique commandée par TC et définie dans la Recommandation I.603.

Quatre catégories de fonctions ont été identifiées:

- commandes concernant TL, le régénérateur ou la TR1;
- information en provenance de TL, du régénérateur ou de TR1;
- indication de conditions défectueuses;
- commande de l'alimentation en énergie de la section numérique.

Ces fonctions sont acheminées par le canal C_{V1} (voir le § 7).

4 Performance du réseau

4.1 Disponibilité

La définition de la disponibilité se trouve dans l'annexe A à la Recommandation G.821. L'objectif de disponibilité de la section numérique doit concorder avec les conditions de disponibilité de la section numérique fictive de référence (SNFR) indiquées dans les Recommandations G.801 et I.350.

4.2 Temps de transfert du signal

Le temps de transfert du signal est spécifié pour les canaux B; il est défini comme le temps absolu de transfert entre les points de référence T et V₁ dans chaque sens de transmission. La valeur est à l'étude. Les Recommandations pertinentes doivent être prises en considération (par exemple, le temps de transmission du signal, quand le signal représente la parole, doit être considéré comme un composant du temps de bout en bout de la Recommandation G.114).

4.3 Performance d'erreur

La performance d'erreur doit concorder avec les conditions indiquées dans la Recommandation G.821.

4.4 Gigue

4.4.1 Gigue sortie/entrée au point de référence T

Les conditions sont définies au § 8 de la Recommandation I.430.

4.4.2 Gigue au point de référence V_1

Les limites de la gigue d'entrée demandent un complément d'étude.

5 Activation/désactivation

5.1 Capacités fonctionnelles

La section numérique fournit la capacité de signalisation de la couche 1 et les procédures nécessaires pour permettre:

5.1.1 à l'équipement d'usager, du côté usager du point de référence T

d'activer la couche 1 de l'interface usager-réseau au point de référence T et, si elle n'est pas déjà activée, la section numérique;

5.1.2 à l'équipement du côté réseau du point de référence V_1

a) d'activer:

- 1) la couche 1 de l'interface usager-réseau au point de référence T et, si elle n'est pas déjà activée, la section numérique (cette activation est en rapport avec la commande de communication); ou
- 2) uniquement la section numérique (cette activation est en rapport avec la commande de configuration de l'accès; c'est une option de réseau);

b) de désactiver:

- 1) la couche 1 de l'interface usager-réseau au point de référence T et la section numérique; ou
- 2) uniquement la couche 1 de l'interface usager-réseau au point de référence T.

Les capacités fonctionnelles définies au § 5.1.2 a) 2) permettent de procéder dans la section numérique à des actions de maintenance qui n'influent pas sur l'interface désactivée usager-réseau au point de référence T et permettent la mise en œuvre d'une boucle 2 non transparente. Si certaines applications le demandent, ces capacités permettent aussi de mettre la section numérique dans un mode où toute la capacité de transfert de l'information est disponible tandis que l'interface usager-réseau au point de référence T demeure désactivée.

Les procédures activation/désactivation de la couche 1 de l'interface usager-réseau au point de référence T sont conformes au § 6.2 de la Recommandation I.430. Ces procédures sont basées sur un répertoire de signaux INFO comme défini dans la Recommandation I.430 (voir le tableau 2/I.430).

Les procédures au point de référence V_1 sont fondées sur un répertoire d'éléments fonctionnels (EF). Ces EF ont des relations spécifiques avec les primitives entre TC couche 1 et TC couche 2, et TC couche 1 et gestion du système pour activation/désactivation de la couche 1 de l'interface usager-réseau, conformément au \S 6.2 de la Recommandation I.430 et aux Recommandations I.440 et I.441. Les moyens de définir ces interactions sont les procédures de primitive (voir la figure 5/I.430) fondées sur un répertoire de primitives PH et MPH.

5.2 Modélisation

5.2.1 Considérations générales

Le modèle de procédures activation/désactivation est donné au § 2.

On sait que l'activation/désactivation est un processus entre un équipement d'usager et un commutateur local et que ce processus demande l'accomplissement de fonctions appropriées aux deux extrémités. Le modèle du § 2 inclut les blocs fonctionnels intéressant l'activation/désactivation et indique les primitives en rapport avec les procédures activation/désactivation.

5.2.2 Répartition des fonctions

La Recommandation I.430 définit le côté réseau de l'interface usager-réseau au point de référence T comme un seul bloc fonctionnel permettant l'application des procédures activation/désactivation de la couche 1 après passage par le point de référence T et des procédures de primitive à la limite TC couche 1/TC couche 2 et à la limite de gestion du système TC couche 1.

Ce concept est décrit dans la Recommandation I.430 en termes d'état machine appelé état G machine.

Pour décrire la relation entre les signaux qui passent par l'interface usager-réseau au point de référence T et les éléments de fonction qui passent par le point de référence V_1 et les primitives, deux états machine sont définis, l'un dans la section numérique (état machine virtuel SN), l'autre côté réseau du point de référence V_1 (état machine virtuel TC couche 1). La figure 5/G.960 illustre cette approche.

A côté des primitives définies dans les Recommandations I.430 et I.441 relatives à la commande des communications, la figure 5/G.960 introduit un nouveau jeu de primitives relatives à la commande de configuration et à la commande de boucle. La partition des procédures activation/désactivation entre deux états machine rend la description plus facile et plus exacte. Il faut considérer l'état machine TC couche 1 comme virtuel et n'entraînant aucune mise en œuvre particulière.

Toutefois, pour mettre en œuvre un accès usager, l'état machine virtuel SN doit être réparti plus finement. La figure 6/G.960 montre la partition de l'état machine SN en états machine TR1 (états-TR) et états machine TL (états-TL).

L'état machine TR1 permet les procédures interface usager/réseau conformément à la Recommandation I.430, sur la base des INFO, et interagit avec l'état machine TL au moyen d'un répertoire de signaux (SIG) qui doit avoir pour support le système de transmission de ligne. L'état machine TL interagit avec l'état machine TC couche 1 au moyen d'un jeu d'éléments fonctionnels (EF). L'état machine TC couche 1 contient les états qui représentent comment le local perçoit l'état de l'interface au commutateur point de référence T et la section numérique. Il sert de support aux procédures de primitive déjà spécifiées pour fournir des services à TC couche 2 et à la gestion du système, conformément à la Recommandation I.430 ainsi qu'à des procédures de primitive supplémentaires pour l'accomplissement des fonctions associées à la section numérique.

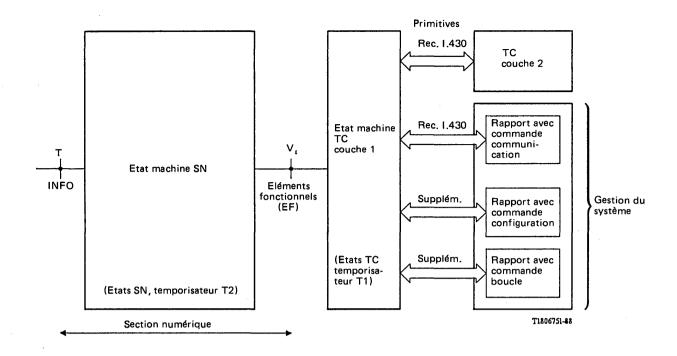


FIGURE 5/G.960
Etats machines

La figure 6/G.960 donne des informations concernant la description du système de transmission figurant dans la Recommandation G.961.

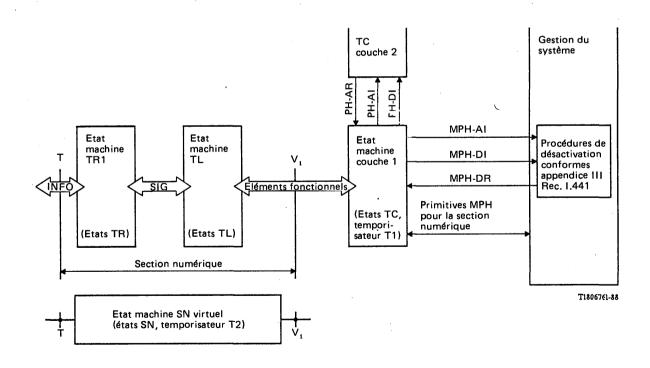


FIGURE 6/G.960

Partition de l'état machine SN

5.2.3 Emplacement des temporisateurs T1 et T2

Dans la description suivante des états machines SN et TC couche 1, le temporisateur T1 sera associé à la section numérique (état machine SN).

L'association du temporisateur T1 avec TC couche 1 a pour objet de faciliter la description, mais le temporisateur T1 peut être situé en un emplacement quelconque tout en constituant une partie fonctionnelle de TC. L'emplacement exact du temporisateur T2 dans la section numérique n'influe pas sur la description de l'état machine SN.

5.3 Procédures activation/désactivation

Ces procédures permettent l'activation/désactivation de l'interface usager-réseau au point de référence T. L'activation peut être appelée d'un côté ou de l'autre tandis que la désactivation ne peut être appelée que par le réseau. L'ensemble des procédures activation/désactivation peut se diviser en trois classes:

- a) procédures de base pour la commande des communications utilisées pour activer la couche 1 de l'interface usager-réseau au point de référence T et, si elle n'est pas déjà activée, la section numérique;
- b) procédures pour la commande de boucle;
- c) procédures pour la commande de configuration.

5.3.1 Caractéristiques de base des procédures

5.3.1.1 Priorité

Le rang de priorité intervient pour éliminer les conflits entre des demandes activation/désactivation simultanément appelées.

Si un conflit se produit entre des demandes incompatibles d'activation/désactivation en provenance de la couche 2 et de la gestion du système, il est résolu dans l'état machine TC couche 1, lequel transmettra au point de référence V_1 un jeu coordonné d'éléments fonctionnels (EF). Le tableau 1/G.960 montre le rang de priorité état machine TC couche 1.

TABLEAU 1/G.960

Rang de priorité des demandes dans l'état machine TC couche 1

Type de demande	Rang de priorité
Désactivation	3 (le plus élevé)
Boucle	2
Activation commande communication	1
Uniquement activation/désactivation section numérique, en provenance côté TC	0 (le plus bas)

Si un conflit se produit entre des demandes incompatibles d'activation/désactivation en provenance du côté TC et du côté usager, il est résolu dans l'état machine SN. Le tableau 2/G.960 montre le rang de priorité état machine SN.

TABLEAU 2/G.960 Rang de priorité des demandes dans l'état machine SN

Type de demande	Rang de priorité
En provenance du côté TC, sauf activation uniquement section numérique	2 (le plus élevé)
En provenance du côté usager, activation commande communication En provenance côté TC, activation/désactivation de la section numérique uniquement	0 (le plus bas)

5.3.1.2 Gestion du système

Certaines hypothèses relatives à la gestion du système sont décrites dans l'annexe A.

5.3.1.3 *Boucles*

En cas d'application d'une boucle 2 transparente, la TR1 enverra des trames INFO 4 vers l'usager, avec le canal écho D mis à ZÉRO binaire.

En cas d'application d'une boucle 1 transparente, la TR1 (quand elle sera capable d'activer l'interface usager-réseau au point de référence T) enverra des trames INFO 4 vers l'usager, avec le canal écho D mis à ZÉRO binaire ou fonctionnant normalement.

5.3.1.4 Protection des trames de la couche 2

Conformément au § 6.2.6.1 de la Recommandation I.430, un ET est autorisé à prendre jusqu'à 100 ms pour la synchronisation sur INFO 2; aucune limite inférieure n'est définie. La différence entre les temps que les différents ET peuvent prendre pour la synchronisation sur INFO 2 affecte l'offre d'un appel d'arrivée dans les arrangements multiterminaux de la couche 1. L'ET le plus rapide notifie au réseau que l'accès est activé et que le message offrant l'appel d'arrivée (SETUP) peut être transmis (ET prêt à recevoir le message) alors que les autres ET ne sont pas prêts à recevoir le message.

En conséquence, les ET lents peuvent perdre tout ou partie des messages d'arrivée (trames couche 2).

Le mécanisme de protection est à l'étude.

5.3.1.5 Structure des tableaux

Le tableau de transition état SN et le tableau de transition état TC couche 1 sont structurés de sorte que les trois classes de procédures activation/désactivation décrites au début du § 5.3 soient clairement séparées. Cela permet la mise en œuvre de procédures de base.

5.3.1.6 Transmission de INFO 2

Dans les procédures qui suivent, on considère que deux événements internes différents de la section numérique déclenchent la transmission de INFO 2:

- a) le système de transmission est synchronisé dans la direction TL vers TR1,
- b) le système de transmission est synchronisé dans les deux sens de transmission (voir la remarque 2, tableau 3/G.960).

5.4 Description des tableaux de transition d'état

5.4.1 Description du tableau de transition d'état SN

5.4.1.1 Etats section numérique (états SN)

On trouvera ci-dessous la définition des états dans lesquels peut entrer la section numérique à la suite de INFO reçus après passage par le point de référence T, d'éléments fonctionnels (EF) reçus après passage par le point de référence V_1 ou à la suite d'événements internes.

Les états SN sont classés d'après les fonctions auxquelles ils servent de support:

- i) états SN 1.X fonctions conformes à la Recommandation I.430;
- ii) états SN 2.X fonctions intéressant les boucles (ces états sont un complément des états SN 1.X);
- iii) états SN 3.X fonctions intéressant l'activation/désactivation de la section numérique seulement (ces états sont un complément des états SN 1.X).

Le X représente l'état spécifique dans chaque mode. Certaines valeurs de X sont inutilisées dans les modes 2 et 3, afin d'en faire un usage cohérent.

- 5.4.1.1.1 Etat SN 1.0 (entièrement désactivé): dans cet état stable, la section numérique est en mode de non-fonctionnement et, perçu du côté usager du point de référence T, le côté réseau est dans l'état G1, comme au § 6.2.1.2.1 de la Recommandation I.430.
- 5.4.1.1.2 Etat SN 1.1 (attente activation accès): cet état de transition se produit quand le réseau (au moyen de la primitive PH ou MPH-ACTIVATE REQUEST) ou l'usager (au moyen de INFO 1 à travers le point de référence T) a donné pour instruction d'activer l'accès, alors que la section numérique se trouvait dans l'état SN 1.0. Une procédure «attente» est mise en œuvre pour établir les conditions de section numérique qui permettent la transmission de INFO 2 à travers le point de référence T. Perçu du côté usager du point de-référence T, le côté réseau est dans l'état G1 comme au § 6.2.1.2.1 de la Recommandation I.430.
- 5.4.1.1.3 Etat SN 1.2 (état transition activation accès): en entrant dans cet état de transition, le réseau déclenche la transmission de INFO 2 après passage par le point de référence T, alors qu'il attend l'entière synchronisation de la section numérique et la réception de INFO 3. Perçu du côté usager du point de référence T, le côté réseau est dans l'état G2, comme au § 6.2.1.2.2 de la Recommandation I.430.
- 5.4.1.1.4 Etat SN 1.3 (section numérique entièrement activée): dans cet état de transition, la section numérique est synchronisée dans les deux sens de transmission et le réseau envoie INFO 2 après passage par le point de référence T alors qu'il attend INFO 3. Perçu du côté usager du point de référence T, le côté réseau est dans l'état G2, comme au § 6.2.1.2.2 de la Recommandation I.430. Cet état se produit aussi si une perte de synchronisation a lieu au point de référence T alors qu'il était dans l'état SN 1.5.
- 5.4.1.1.5 Etat SN 1.5 (interface activée à T): c'est l'état normal actif stable où le service de la couche 1 est à la disposition des couches supérieures. Le réseau envoie INFO 4 après passage par le point de référence T et, perçu du côté usager, le côté réseau est dans l'état G3, comme au § 6.2.1.2.3 de la Recommandation I.430.
- 5.4.1.1.6 Etat SN 1.6 (attente désactivation accès): cet état de transition se produit si la gestion du système a donné pour instruction à la section numérique de désactiver l'accès. Perçu du côté usager du point de référence T, le côté réseau est dans l'état G4, comme au § 6.2.1.2.4 de la Recommandation I.430.
- 5.4.1.1.7 Etat SN 1.7 (état de transition désactivation accès): dans cet état de transition, l'interface au point de référence T est déjà désactivée. La désactivation de la section numérique est en cours. Perçu du côté usager du point de référence T, le côté réseau est dans l'état G1, comme au § 6.2.1.2.1 de la Recommandation I.430.
- 5.4.1.1.8 Etat de SN 1.8 (état de transition désactivation accès: dans cet état de transition, la section numérique est déjà désactivée. La désactivation de l'interface au point de référence T est en cours. Perçu du côté usager du point de référence T, le côté réseau est dans l'état G4, comme au § 6.2.1.2.4 de la Recommandation I.430.
- 5.4.1.1.9 Etats SN 2.X: pour étude ultérieure.
- 5.4.1.1.10 Etat SN 3.1 (attente activation section numérique seulement): cet état de transition se produit lorsqu'une activation de la section numérique seulement a été demandée par le réseau (au moyen de la primitive MPH-DEMANDE-ACTIVATION SECTION NUMÉRIQUE, MPH-DSAR). La section numérique était auparavant dans l'état SN 1.0 ou une désactivation de l'accès était auparavant en cours. Perçu du côté usager du point de référence T, le côté réseau est dans l'état G1, comme au § 6.2.1.2.1 de la Recommandation I.430.
- 5.4.1.1.11 Etat 3.2 (état de transition activation section numérique): cet état de transition se produit quand une activation de la section numérique seulement a été demandée par le réseau (au moyen de la primitive MPH-DEMANDE-ACTIVATION SECTION NUMÉRIQUE, MPH-DSAR). La désactivation de l'accès était auparavant en cours. Perçu du côté usager du point de référence T, le côté réseau est dans l'état G4, comme au § 6.2.1.2.4 de la Recommandation I.430.
- 5.4.1.1.12 Etat SN 3.3 (seulement section numérique activée): dans cet état stable, la section numérique est synchronisée dans les deux sens de transmission, ce qui a été notifié, à la gestion du système au moyen de la primitive MPH-INDICATION-ACTIVATION SECTION NUMÉRIQUE (MPH-DSAI). Le réseau envoie INFO 0 après passage par le point de référence T. Perçu du côté usager du point de référence T, le côté réseau est dans l'état G1, comme au § 6.2.1.2.1 de la Recommandation I.430.
- 5.4.1.1.13 Etat SN 3.4 (attente activation interface): cet état de transition se produit quand une activation de l'interface a été demandée par le réseau (au moyen de la primitive PH ou MPH-DEMANDE-ACTIVATION) ou par l'usager (au moyen de INFO 1 après passage par le point de référence T) alors que la section numérique était déjà dans l'état activé, état SN 3.3. Le réseau transmet immédiatement INFO 2 après passage par le point de référence T. Perçu du côté usager du point de référence T, le côté réseau est dans l'état G2, comme au § 6.2.1.2.2 de la Recommandation I.430.

5.4.1.1.14 Etat SN 3.6 (attente désactivation interface): cet état de transition se produit si la gestion du système a donné pour instruction à la section numérique de désactiver l'interface au point de référence T, mais de rester elle-même activée. Perçu du côté usager du point de référence T, le côté réseau est dans l'état G4, comme au § 6.2.1.2.4 de la Recommandation I.430.

5.4.1.2 Répertoire des signaux par l'interface usager-réseau au point de référence T

La définition des signaux INFO est donnée au § 6.2.2 de la Recommandation I.430.

5.4.1.3 Répertoire des éléments de fonction au point de référence V_1

Les éléments fonctionnels représentent des signaux d'entrée qui sont consommés si un état de transition se produit, même si c'est une transition nulle (reste dans le même état), et qui ne sont plus disponibles pour déclencher une nouvelle transition d'état.

On trouvera ci-dessous le répertoire des éléments fonctionnels associés aux procédures activation/désactivation:

- EF 1 (TL ← TC): demande d'activation pour l'interface au point de référence T
- EF 2 (TL → TC): demande déclenchement temporisateur T1 dans TC couche 1
- EF 3 (TL → TC): la section numérique est activée
- EF 4 (TL → TC): l'interface usager-réseau au point de référence T est activée ou une boucle est mise en fonctionnement
- EF 5 (TL ← TC): demande de désactivation pour la section numérique et l'interface au point de référence T
- EF 6 (TL → TC): la section numérique est désactivée et l'interface au point de référence T sera ou a été désactivée
- EF 7 (TL \rightarrow TC): indication erreur
- EF 8 (TL ← TC): demande activation pour boucle 2
- EF 9 (TL ← TC): demande activation pour boucle 1
- EF 10 (TL ← TC): demande activation pour boucle 1A
- EF 11 (TL ← TC): demande entrée dans un état où seule est activée la section numérique

5.4.1.4 Spécification des procédures

5.4.1.4.1 Procédures par l'interface usager-réseau au point de référence T

La section numérique permet l'application des procédures après passage par l'interface usager-réseau au point de référence T, conformément au § 6.2 de la Recommandation 1.430.

5.4.1.4.2 Tableau des transitions d'état de la section numérique

Le tableau de transitions d'état 3/G.960 spécifie les procédures. Il inclut les actions à accomplir pour différents événements dans un état déterminé (voir le § 5.4.1.1 pour la définition des états). En particulier, les actions requises pour les procédures activation/désactivation après passage par le point de référence T conformément à la Recommandation I.430 (séquence de INFO conforme à la Recommandation I.430). Les procédures pour le fonctionnement en boucle demandent un complément d'étude.

127

TABLEAU 3/G.960

Tableau transition états de section numérique (état machine SN)

Numéro état	SN 1.0	SN 1.1	SN 1.2 (remarque 2)	SN 1.3 (remarque 2)	SN 1.5	SN 1.6	SN 1.7 (remarque 3)	SN 1.8 (remarque 3)
Emission INFO	INFO 0	INFO 0	INFO 2	INFO 2	INFO 4	INFO 0	INFO 0	INFO 0
EF 1	SN 1.1	na	na	na	na	SN 1.1	SN 1.1	SN 1.1
EF 5	na	Mise en marche T2 SN 1.6	na	, na	ña			
Réception INFO 0 (remarque 1)	- -		_	-	EF 7 \$N 1.3	SN 1.7		SN 1.0
Réception INFO 1	EF 2 SN 1.1	_			. /	-	EF 2 SN 1.1	
Réception INFO 3	/ ,	_	_	EF 4 SN 1.5	_	-	1.	1
Perte de verrouillage de trame à T (remarque 1)	, /	_	_	-	EF 7 SN 1.3	_	/	<i>)</i>
Expiration temporisa- teur T2	-	_	-	_		SN 1.7		SN 1.0
Prêt à transmettre INFO 2:	<u>-</u>	SN 1.2	_	-	-			_
Section numérique entièrement activée	-	-	EF 3 SN 1.3		-	_	-	
Section numérique entièrement désactivée		_	-	-	· <u>-</u>	EF 6 SN 1.8	EF 6 SN 1.0	_

Etats SN en rapport avec boucles

	SN 3.1	SN 3.2	SN 3.3	SN 3.4	SN 3.6
	INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 2	INFO 0
	SN 1.1	na	SN 3.4	. na	SN 3.4
	SN 1.7	_e SN 1.6	SN 1.7	<u></u>	ŠN 1.6
	***	SN 3.1	-	, a a	SN 3.3
	EF 2 SN 1.1		EF 2 SN 3.4		
	-	-		EF 4 SN 1.5	
	<u>-</u>	-		./	
	<u>. </u>	SN 3.1	-	-	SN 3.3
	-	<u>-</u> ·	· - /		
	EF 3 SN 3.3	ÆF 3 SN 3.6	-	-	_
ş .	-	-	- Company	-	_

TABLEAU 3/G.960 (suite)

Numéro état	SN 1.0	SN 1.1	SN 1.2 (remarque 2)	SN 1.3 (remarque 2)	SN 1.5	SN 1.6	SN 1.7 (remarque 3)	SN 1.8 (remarque 3)	Etats SN en rapport avec boucles	SN 3.1	SN 3.2	SN 3.3	SN 3.4	SN 3.6
Emission INFO	INFO 0	INFO 0	INFO 2	INFO 2	INFO 4	INFO 0	INFO 0	INFO 0		INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 2	INFO 0
EF 8														
EF 9						,			· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·			,		
EF 10												•		
EF 11	SN 3.1	_		Mise en marche T2 SN 3.6	Mise en marche T2 SN 3.6	SN 3.2	SN 3.1	SN 3.1		na	na	na	Mise en marche T2 SN 3.6	, na

Remarque 1 — Dans le cas de réception de INFO 0 ou de perte de verrouillage de trame au point de référence T, EF 7 peut ne pas être fourni dans certains réseaux, conformément à la Recommandation I.430 (voir la remarque 3 du tableau 4/I.430).

Remarque 2 — Si la transmission de INFO 2 débute quand la section numérique est synchronisée dans les deux sens, les événements «prêt à émettre INFO 2» et «section numérique entièrement activée» coïncident et les états SN 1.2 et SN 1.3 peuvent fusionner.

Remarque 3 - Les états SN 1.7 et SN 1.8 ont été inclus pour refléter toute l'étendue des procédures possibles de désactivation. On a considéré trois possibilités de mise en œuvre.

- 1) La séquence des événements («section numérique entièrement désactivée», «expiration du temporisateur T2» ou «réception INFO 0») n'est pas déterminée. Il faut alors considérer les deux états SN 1.7 et SN 1.8.
- 2) La séquence des événements est déterminée, étant donné que la condition «section numérique entièrement désactivée» se produit toujours après «expiration du temporisateur T2» ou «réception INFO 0». L'état SN 1.7 est le seul à considérer.
- La condition «section numérique entièrement désactivée» se produit toujours avant «expiration du temporisateur T2» ou «réception INFO 0». On peut alors considérer la transition directe de l'état SN 1.6 à l'état SN 1.0 à «expiration du temporisateur T2» ou «réception INFO 0». Si tel est le cas, la section numérique doit prendre les dispositions nécessaires à l'émission de EF 6.
- Pas de changement d'état, aucune action quand un événement se produit.
- / Evénement impossible pour des raisons internes ou des procédures pair à pair (peer-to-peer).
- na Pas d'action; cet événement peut se produire ou peut être impossible.
- EF Emettre élément fonctionnel EF.. après passage par le point de référence V₁.
- SN a.b. Entrer dans état SN a.b.

5.4.2.1 Etats TC couche 1 (états TC)

Ci-après sont définis les états dans lesquels peut entrer TC couche 1 en raison des éléments fonctionnels (EF) reçus après passage par le point de référence V₁, de la réception de primitives de service (PH, MPH) ou d'événements internes.

Les états TC sont classés selon les fonctions auxquelles ils servent de supports:

- i) états TC 1.X pour les fonctions conformes à la Recommandation I.430;
- ii) états TC 2.X pour les fonctions intéressant les boucles (ces états sont un complément des états TC 1.X);
- iii) états TC 3.X pour les fonctions intéressant l'activation/désactivation de la section numérique seulement (ces états sont un complément des états TC 1.X).
- 5.4.2.1.1 Etat TC 1.0: l'accès (interface au point de référence T et section numérique) est dans un état stable (désactivé ou activé). Le temporisateur T1 n'est pas en marche.
- 5.4.2.1.2 Etat TC 1.1: une activation a été déclenchée pour établir une communication. Le temporisateur T1 est en marche.
- 5.4.2.1.3 Etat TC 2.0: l'accès est dans un état boucle. Le temporisateur T1 n'est pas en marche.
- 5.4.2.1.4 Etat TC 2.1: une demande de boucle a été émise. Le temporisateur T1 est en marche.
- 5.4.2.1.5 Etat TC 3.0: l'accès est dans un état stable. Seule la section numérique est activée, tandis que l'interface au point de référence T est désactivée ou activée. Le temporisateur T1 n'est pas en marche.
- 5.4.2.1.6 Etat TC 3.1: une activation a été déclenchée pour établir une communication. Quand l'activation de l'interface au point de référence T a été appelée, la section numérique était déjà activée. Le temporisateur T1 est en marche.
- 5.4.2.1.7 Etat TC 3.2: il s'agit d'un état de transition dans lequel l'entrée n'est possible que quand seule la section numérique a été appelée. Le temporisateur T1 est en marche.
- 5.4.2.2 Répertoire des primitives PH et MPH dans TC, pour permettre les fonctions spécifiées dans les Recommandations 1.440 et 1.441. Elles sont en rapport avec la commande des appels

Le répertoire de ces primitives est défini au § 6.2.1 de la Recommandation I.430 et au § 4.1 de la Recommandation I.441.

La primitive MPH-EI utilisée dans la présente Recommandation inclut la primitive MPH-EI telle que définie au § 6.2.1.5 de la Recommandation I.430. En outre, elle notifie à la commande de la configuration de gestion du système une condition d'erreur si l'activation ou la tentative d'opération en boucle ont échoué (voir le § 5.4.2.3).

5.4.2.3 Répertoire des primitives MPH dans TC pour permettre les fonctions associées à la section numérique

Les primitives indiquées ci-après permettent à la section numérique de changer de mode. Il y a deux modes. Dans le premier mode, toute la capacité de transfert de l'information de la section numérique est disponible, quel que soit l'état de l'interface usager-réseau au point de référence T. Dans le second mode, toute la capacité de transfert de l'information de la section numérique n'est disponible que si l'interface usager-réseau au point de référence T a été ou est activée. Ces primitives ont trait à la commande de configuration.

i) MPH-DEMANDE-ACTIVATION SECTION NUMÉRIQUE (MPH-DSAR)
La primitive MPH-DSAR est utilisée pour demander à la section numérique de maintenir l'entière capacité de transfert de l'information, quel que soit l'état du point de référence T. La commande de configuration doit prendre des dispositions pour que cette primitive ne soit émise que quand l'accès est désactivé.

- ii) MPH-INDICATION-ACTIVATION SECTION NUMÉRIQUE (MPH-DSAI)

 La primitive MPH-DSAI est utilisée pour indiquer que la section numérique est dans un mode capable de maintenir toute la capacité de transfert de l'information, quel que soit l'état de l'interface usager-réseau au point de référence T.
- iii) MPH-DEMANDE-DÉSACTIVATION SECTION NUMÉRIQUE (MPH-DSDR)

 La primitive MPH-DSDR est utilisée pour rétablir le mode dans lequel l'état de la section numérique est commandé par les primitives (PH-DEMANDE ACTIVATION ou MPH-DEMANDE ACTIVATION, selon le cas, et MPH-DEMANDE DÉSACTIVATION) qui sont utilisées pour l'activation/désactivation de l'interface au point de référence T. Cela inclut la désactivation de la section numérique si l'interface au point de référence T avait auparavant été désactivée. La commande de configuration doit prendre les dispositions nécessaires pour que cette primitive ne soit émise que si l'interface au point de référence T est désactivée.
- iv) MPH-INDICATION-DÉSACTIVATION SECTION NUMÉRIQUE (MPH-DSDI)
 Cette primitive permet un service de désactivation confirmé. Elle est émise quand la section numérique est entièrement désactivée. Selon les procédures de désactivation, l'interface au point de référence T est déjà ou n'est pas encore désactivée.
- v) MPH-INDICATION-ERREUR (MPH-EI)
 La primitive MPH-EI est utilisée pour notifier à la gestion du système si l'activation ou la tentative de fonctionnement en boucle ont échoué.
- vi) MPH-INDICATION-ÉVEIL (MPH-AWI)

 Cette primitive notifie à la gestion côté réseau que l'activation de l'interface au point de référence T a été appelée par le côté usager. Elle peut être utilisée par TC pour assigner les ressources requises pour servir de support à la couche 2.

Les primitives indiquées ci-après sont associées à des fonctions de maintenance fondées sur des boucles. Les primitives de demande d'activation couvrent l'activation de la section numérique et, peut-être, de l'interface usager-réseau au point de référence T. L'établissement de la boucle demandée est notifié au demandeur au moyen de la primitive MPH-AI. La désactivation d'une boucle est appelée au moyen de la primitive MPH-DSDR ou de la primitive MPH-DR, selon le cas.

MPH-L2AR: demande d'activation pour la boucle 2

MPH-L1AR: demande d'activation pour la boucle 1

MPH-L1AAR: demande d'activation pour la boucle 1A.

Les primitives indiquées ci-dessous sont utilisées pour des essais, à d'autres fins que les boucles (essais de continuité).

MPH-AR: demande d'activation de l'interface au point de référence T et de la section numérique

aux fins d'essais de continuité

MPH-AI: indication d'activation de l'interface au point de référence T et de la section numérique.

5.4.2.4 Tableau de transition d'état TC couche 1

Le tableau de transition d'état 4/G.960 spécifie les procédures. Il inclut les actions à accomplir à l'occasion de différents événements alors qu'ils sont dans un état spécifique (voir la définition des états au § 5.4.2.1). Il spécifie les interactions, avec TC couche 2 et la gestion du système, qui sont requises pour permettre l'application des procédures interface/couche conformément à la Recommandation I.430 (séquences de primitives PH et MPH conformes à la Recommandation I.430) et les interactions après passage par l'interface de couche entre TC couche 1 et la gestion du système, pour permettre l'accomplissement des fonctions associées à la section numérique (voir au § 5.4.2.3 la définition des primitives MPH qui s'y rattachent).

TABLEAU 4/G.960

Tableau des transitions d'état de TC couche 1 (état machine TC couche 1)

Etat Evénement	TC 1.0	TC 1.1	TC 2.0	TC 2.1	TC 3.0	TC 3.1	TC 3.2
PH-AR/ MPH-AR	Mise en marche T1 EF 1 TC 1.1	-	PH-DI	PH-DI –	Mise en marche T1 EF 1 TC 3.1	- -	Remise en marche T1 EF 1 TC 3.1
MPH-DR	PH-DI EF 5		EF 5 TC 1.0		PH-DI EF 11	.	1
EF 2	Mise en marche T1 MPH-AWI TC 1.1	(remarque 3) MPH-AWI	/	-	Mise en marche T1 MPH-AWI TC 3.1	(remarque 3) MPH-AWI	Remise en marche T1 MPH-AWI TC 3.1
Expiration temporisateur T1	,	MPH-EI TC 1.0		MPH-EI TC 1.0	/	MPH-EI TC 3.0	MPH-EI TC 1.0
EF 3	(remarque 4) MPH-DSAI —	MPH-DSAI	A spécifier	A spécifier	(remarque 4) MPH-DSAI	MPH-DSAI	Arrêt T1 MPH-DSAI TC 3.0
EF 4	-(remarque 4) MPH-AI -	Arrêt TÎ PH-AI MPH-AI TC 1.0	A spécifier	Arrêt T1 MPH-AI TC 2.0	(remarque 4)	Arrêt T1 PH-AI MPH-AI TC 3.0	. /
EF 6	MPH-DSDI -	/	A spécifier	A spécifier	/	/	/
EF 7	MPH-DI MPH-EI	, .	A spécifier	A spécifier	MPH-DI MPH-EI	/	/
MPH-L2AR	Mise en marche T1 EF 8 TC 2.1	1		l		1	ĺ
MPH-L1AR	Mise en marche T1 EF 9 TC 2.1	1		1		1	1
MPH-L1AAR	Mise en marche T1 EF 10 TC 2.1	. 1	· 	i	l'	İ	1
MPH-DSAR (remarque 1)	Mise en marche T1 EF 11 TC 3.2	(remarque 2) TC 3.1		1	· · · [.	1	l
MPH-DSDR (remarque 1)	(remarque 5) EF 5 —		EF 5 TC 1.0	1	EF 5 TC 1.0	. 1	

⁻ pas de changement d'état, pas d'action quand un événement se produit

événement impossible étant donné la définition du service couche 1

[/] événement impossible pour des raisons internes ou des procédures pair à pair (peer-to-peer)

PH-AI émission primitive PH-INDICATION-ACTIVATION
PH-DI émission primitive PH-INDICATION-DÉSACTIVATION

MPH-AWI émission primitive MPH-INDICATION-ÉVEIL

MPH-AI émission primitive MPH-INDICATION-ACTIVATION

MPH-DI émission primitive MPH-INDICATION-DÉSACTIVATION

MPH-DSDI émission primitive MPH-INDICATION-DÉSACTIVATION SECTION NUMÉRIQUE

MPH-EI émission primitive MPH-INDICATION-ERREUR

EF.. émission élément fonctionnel EF.. après passage au point de référence V₁

TC ab entrée dans état TC ab.

Remarque 1 — Les primitives MPH-DSAR et MPH-DSDR ne sont admises que si le point de référence T est désactivé. La gestion doit répondre à cette condition.

Remarque 2 — Cet événement se produit en cas de collision entre la primitive MPH-DSAR et la primitive MPH-AWI (ou la primitive MPH-DSAI si la gestion ignore la primitive MPH-AWI) à la limite entre TC couche 1 et la gestion. Cette collision est due à des appels simultanés d'activation de la section numérique seulement et d'activation d'accès en provenance du côté usager.

Remarque 3 — Cet événement se produit dans le cas d'une collision entre les éléments de fonction EF 1 et EF 2 au point de référence V₁. La collision est due à des appels simultanés d'activation de l'interface en provenance du côté usager et du côté réseau.

Remarque 4 — Ces événements se produisent si le temporisateur T1 vient à expiration au moment même où se termine une tâche, ce que la section numérique indique à TC couche 1 au moyen de l'élément de fonction approprié (EF 3 et EF 4). C'est une situation due à un retard excessif dans la section numérique. Dans certains cas, il y a avantage à émettre la primitive appropriée pour notifier à la gestion l'état de l'accès usager après l'indication d'erreur qui aurait été transmise dans une primitive MPH-EI. Cela fournit à la gestion l'information permettant d'initialiser la procédure de restauration optimale.

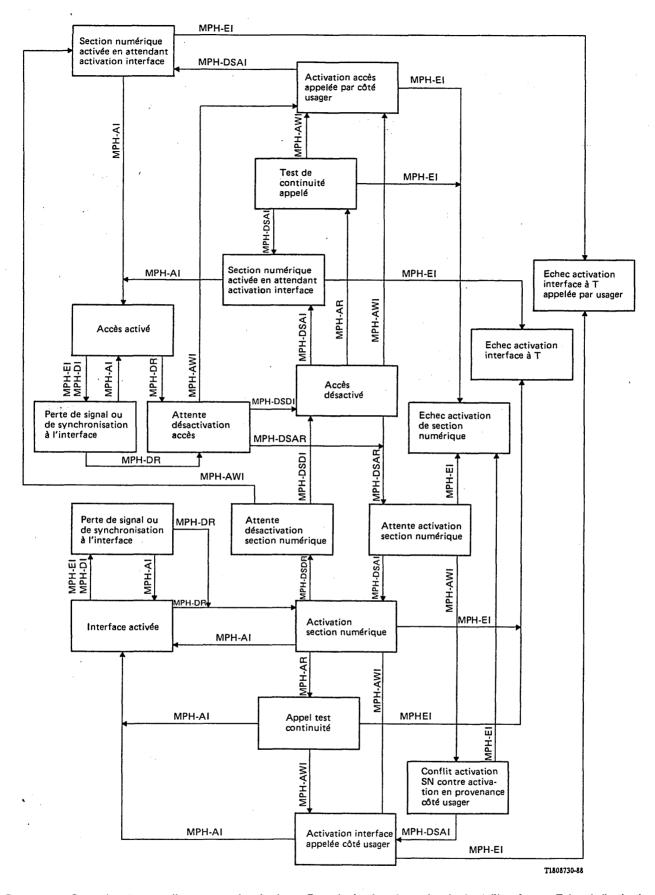
Remarque 5 — Cet événement se produit si le temporisateur T1 est venu à expiration et si la gestion appelle une désactivation à la suite de la réception de la primitive MPH-EI. Cette restauration semble être particulièrement utile en cas de délais excessifs (voir la remarque 4).

5.4.2.5 Procédures de primitive permettant l'accomplissement des fonctions spécifiées dans les Recommandations 1.440 et 1.441

Les séquences des primitives PH et MPH qui sont respectivement valides entre TC couche 1 et TC couche 2 et entre TC couche 1 et gestion du système, pour permettre l'accomplissement des fonctions spécifiées dans les Recommandations I.440 et I.441, ainsi que les états TC couche 1 perçus par TC couche 2 et la gestion du système à la suite de transferts de primitives entre des entités, sont définis au § 6.2.1.6 de la Recommandation I.430.

5.4.2.6 Procédures de primitive permettant l'accomplissement des fonctions associées à la section numérique

Les séquences admises des primitives MPH entre TC couche 1 et la gestion du système pour l'accomplissement des fonctions associées à la section numérique sont spécifiées dans le diagramme de transition d'état, figure 7/G.960. Ce diagramme définit les états TC couche 1 que la gestion du système perçoit comme étant le résultat de transfert de primitives après passage par l'interface de couche correspondante.



Remarque — Les actions à accomplir en entrant dans les états «Perte de signal ou de synchronisation à l'interface», «Echec de l'activation de la section numérique», «Echec de l'activation de l'interface à T» et «Echec de l'activation de l'interface à T appelée par l'usager» demandent un complément d'étude.

FIGURE 7/G.960

Séquences valides primitives MPH et états TC couche 1, tels que perçus par la commande de configuration de gestion du système

5.5 Temps d'activation

Pour l'activation provenant du côté usager, le temps d'activation est mesuré au point de référence T entre l'initialisation de l'envoi de INFO 1 à l'interface au point de référence T et la réception de INFO 4 en provenance de la section numérique.

Pour l'activation provenant du côté réseau, le temps d'activation est défini entre élément fonctionnel 1 et élément fonctionnel 4 au point de référence V_1 .

Le temps d'activation est spécifié pour une section numérique sur laquelle le taux d'erreur sur les bits peut être inférieur à la valeur x (voir la remarque 1), quand la section est activée.

5.5.1 Temps maximum d'activation (voir la remarque 2) pour une activation se produisant immédiatement après une désactivation (sans intervention d'une boucle ou d'une action d'alimentation en énergie) (voir la remarque 4):

Système de transmission en câble à paires métalliques:

i) sans régénérateur 300 msii) avec régénérateur 600 ms

5.5.2 Temps maximum d'activation (voir la remarque 2) pour une activation se produisant après la première alimentation en énergie à une section numérique:

i) sans régénérateur 10 secondesii) avec régénérateur 10 secondes

Remarque 1 - Les conditions d'essai exactes demandent un complément d'étude.

Remarque 2 – Il est entendu que la valeur spécifiée pour le temps d'activation est une valeur à 95%, ce qui signifie que, pour 95% des activations effectuées, le temps d'activation doit être inférieur à la valeur spécifiée.

Remarque 3 – Les valeurs tiennent compte du temps de réponse de ET pour l'envoi de INFO 3 à la réception de INFO 2.

Remarque 4 – Le temporisateur T1 étant une partie fonctionnelle de TC, il peut être physiquement mis en œuvre dans TC. Dans ce cas, sa valeur peut être ajustée selon les caractéristiques du système de transmission entre TC et la section numérique quand elle existe (par exemple, dans le cas d'un système de transmission par satellite, il faut tenir compte d'une valeur de 1000 ms).

6 Exploitation et maintenance

6.1 Considérations générales

Le présent paragraphe décrit les fonctions d'exploitation et de maintenance de la section numérique de l'accès RNIS au débit binaire de base. Pour le moment, seules les fonctions concernant un système de transmission numérique pour ligne métallique sont définies.

Les fonctions d'exploitation concernant la procédure d'activation/désactivation sont spécifiées au § 5.

On trouvera dans l'annexe A l'exposé d'autres hypothèses concernant la gestion du système.

Les fonctions de maintenance recommandées dans la Recommandation I.603 permettent de maintenir la section numérique au niveau de performance du réseau indiqué au § 4 de la présente Recommandation.

Il doit être possible de procéder à l'essai et à la maintenance de la section numérique conformément à la Recommandation I.603, quel que soit l'équipement de l'usager.

Les principales caractéristiques sont les suivantes:

- a) commande de la maintenance et des facilités d'essai;
- b) contrôle des éléments fonctionnels pour fournir l'information d'exploitation et de maintenance, ainsi que les indications de conditions défectueuses;
- c) facilité de communication pour la maintenance.

6.2 Facilités de commande

6.2.1 Boucles

6.2.1.1 Mise en œuvre des boucles

L'emplacement et les caractéristiques des boucles sont définis dans la Recommandation I.603.

6.2.1.2 Procédure de boucle

Les boucles sont commandées par TC gestion du système.

Une demande d'activation de communication normale ne peut avoir la priorité sur une demande de boucle 1, 1A ou 2.

La procédure d'exploitation en boucle commence toujours dans l'état désactivé de la section numérique.

Une séquence possible est la suivante:

- a) TC génère un ordre d'exploitation pour la boucle requise;
- b) TC reçoit MPH-AI;
- c) TC effectue l'essai;
- d) TC génère un ordre de libération;
- e) TC reçoit MPH-DI.

6.2.2 Equipement auxiliaire de commutation de ligne

Cette fonction assure la commande des commutations après passage par le point de référence V₁:

- a) commuter la ligne de TL à un dispositif de mesure de ligne;
- b) commuter la ligne de TL normal à TL de réserve;
- c) commuter TL pour essai TR1 situé dans le commutateur local.

Cette fonction est optionnelle. La définition de la fonction, les options et les procédures de commande demandent un complément d'étude.

6.2.3 Commande des fonctions dans TR1

Cette fonction permet la commande de fonctions spécifiques dans TR1. Elle demande un complément d'étude.

Voici un exemple d'une telle fonction: commande de commutation entre puissance normale et puissance réduite à l'interface usager-réseau.

6.2.4 Demande d'information

Cette fonction permet à TC de demander des rapports d'état spécifiques en provenance de TL, du régénérateur et de TR1.

6.2.5 Mise en circuit/hors circuit de la ligne

Cette fonction permet de faire passer le courant dans la ligne et peut être automatiquement appliquée sur réception d'une indication d'une panne d'alimentation.

6.2.6 Essai de continuité

L'essai de continuité est décrit dans la Recommandation I.603.

L'essai de continuité est commandé par TC et initialisé par MPH-AR. La gestion du système décide du moment de l'essai (c'est-à-dire à la réception de MPH-DSAI ou de MPH-AI). Quand la gestion du système reçoit MPH-EI (expiration T1), on considère que l'essai a échoué. Voir aussi l'annexe à la présente Recommandation.

6.3 Contrôle

6.3.1 Fonctions

Les conditions opérationnelles suivantes sont contrôlées dans toute la section:

- a) conditions défectueuses;
- b) arrangements d'alimentation en énergie;
- c) performance de transmission.

6.3.2 Aspects mise en œuvre

La section numérique doit être pourvue de capacités de contrôle (voir la Recommandation I.603). Le traitement de l'information dépend de la mise en œuvre. Par exemple:

- a) utilisation d'enregistreurs/compteurs dans les groupes fonctionnels, utilisation d'ordres et de réponses explicites pour établir les rapports de statut;
- b) transfert de l'information au commutateur, soit quand il se produit une condition défectueuse, soit périodiquement. Cette information est traitée par des entités extérieures à la section numérique.

6.3.3 Conditions anormales ou défectueuses et action qui s'ensuit

6.3.3.1 Condition défectueuse

Les conditions défectueuses suivantes sont des exemples:

- i) taux d'erreur excessif;
- ii) perte du signal d'arrivée;
- iii) perte d'alignement de trame;
- iv) panne d'énergie.

Remarque - Une condition anormale est, par exemple, une erreur de transmission.

6.3.3.2 Actions subséquentes

Après la détection d'une condition défectueuse, une action appropriée doit être effectuée comme le spécifie le tableau 5/G.960.

L'information d'indication de dérangement (IID) pour un défaut est automatiquement transmise à TC par la section numérique.

TABLEAU 5/G.960

Conditions de défaut et actions subséquentes

Equipement	Conditions de défaut	Actions subséquentes		
		IID	Signal à V ₁	Signal à T
TL	Taux d'erreur excessif (remarque 1)	oui	EU	EU
Côté ligne	Perte de signal	oui	EF 7 (remarque 4)	INFO (remarque 5)
	Perte de trame	oui	EF 7 (remarque 4)	INFO (remarque 5)
TR	Taux d'erreur excessif (remarque 1)	oui	EU	EU
Côté ligne	Perte de signal	oui	Non applicable	INFO (remarque 5)
	Perte de trame	oui	Non applicable	INFO (remarque 5)
TR à T	Perte de signal	oui (remarque 3)	EF 7 (remarque 4)	Non applicable
	Perte de trame	oui (remarque 3)	EF 7 (remarque 4)	Non applicable
TR	Perte d'énergie	oui (remarque 2)	EU	INFO 0

EU

Etude ultérieure

Remarque 1 - Si traité dans section numérique.

Remarque 2 - Dépendant des arrangements d'alimentation en énergie, optionnel.

Remarque 3 - Optionnel.

Remarque 4 - Ce signal est défini au § 5.

Remarque 5 — Un complément d'étude est nécessaire pour savoir si une INFO définie dans la Recommandation I.430 peut être utilisée.

6.3.4 Contrôle de la performance d'erreur

6.3.4.1 Considérations générales

Des dispositions doivent être prises pour contrôler la performance d'erreur de la section numérique et pour établir un rapport à ce sujet.

6.3.4.2 Paramètres de la performance d'erreur

La section numérique doit fournir à TC les informations nécessaires pour qu'il puisse évaluer les paramètres de la performance d'erreur définis dans la Recommandation G.821.

6.3.5 Fonctions de rapport de statut

Les fonctions de rapport de statut couvrent l'information relative à l'exploitation et à la performance globales de la section numérique. L'information peut être transmise automatiquement ou sur demande de TC (voir ______ le tableau 6/G.960).

La liste qui suit décrit les fonctions de rapport de statut:

- i) Erreurs de transmission
 Cette information, provenant de la section numérique, permet à TC d'évaluer la performance d'erreur de transmission.
- ii) Boucle 1
 Cette information, émanant de TL, indique le statut de la boucle 1.
- iii) Boucle 1A
 Cette information, émanant du régénérateur, indique le statut de la boucle 1A.
- iv) Boucle 2
 Cette information, émanant de TR1, indique le statut de la boucle 2.
- v) Statut de l'alimentation en énergie de l'interface usager-réseau

 Cette information indique le statut de l'alimentation en énergie de l'interface usager-réseau, par
 exemple, puissance réduite ou normale au point de référence T.
- vi) Défaut d'alimentation en énergie de l'interface usager-réseau
 Cette information indique une panne de la source d'énergie (réduite ou normale).
 Cette fonction peut être répartie en deux rapports.
 Cette information est communiquée sur demande de TC.
- vii) Surcharge d'alimentation de l'interface usager-réseau

 Cette information indique que l'énergie tirée d'une source quelconque dans TR1 dépasse la puissance maximale disponible.

 Cette information est communiquée sur demande de TC.
- viii) Information d'indication de défaut

 Cette information est automatiquement transmise dans les conditions spécifiées au § 6.3.3.1.

TABLEAU 6/G.960 Fonctions de rapport de statut

Fonction	Emplacement	Obligatoire/facultatif
Erreurs de transmission	TL Enreg. TR	O F F
Statut boucle 1 (remarque)	TL	0
Statut boucle 1A (remarque)	Enreg.	О
Statut boucle 2 (remarque)	TR1	О
Statut alimentation point référence T	TR1	F
Défaut alimentation point référence T	TR1	F .
Surcharge alimentation point référence T	TR1	F
IID	TL Enreg. TR	0 0 0

Remarque - L'information peut être implicite (par exemple, indication d'activation).

6.3.6 Fonctions de rapport de statut dépendant du système

Ces rapports de statut, dépendants du type du système de transmission numérique utilisé, demandent un complément d'étude.

Le tableau 7/G.960 donne quelques exemples, tirés d'un système déterminé.

TABLEAU 7/G.960

Fonctions de rapport de statut dépendant du système

Fonction	Emplacement
Etat relais test ligne	TL
Etat relais test TL	. TL
Etat commutation puissance à distance	TL
Alimentation à distance	TL
Surtension induite en ligne	TL
Condition anormale de courant	TL
Ouverture de l'œil, réception	TL Enreg. TR1
Coefficients d'annulation d'écho	TL Enreg. TR1
Essai batterie	TR

7 Canal de commande C_{V1}

Ce canal de commande fournit, pour chaque sens de transmission, la capacité de transférer les commandes, l'information de rapport de statut et les IID.

Bien qu'il soit décrit comme un canal simple, le canal de commande peut être réalisé par plusieurs sous-canaux qui peuvent utiliser des mécanismes de transport différent (appropriés aux fonctions). Bien que certaines des fonctions mentionnées au \S 6 soient optionnelles, le canal C_{V1} doit pouvoir acheminer toute l'information de commande pour permettre leur mise en œuvre.

ANNEXE A

(à la Recommandation G.960)

Caractéristiques de la gestion du système

A.1 Introduction

La présente Recommandation spécifie les fonctions que doivent remplir la section numérique et TC couche 1. Pour que le fonctionnement soit correct, il faut tenir compte des hypothèses faites au sujet des fonctions de gestion impliquées. On admet que la structure de la gestion est celle qu'indique la Recommandation Q.940.

Dans la présente Recommandation, une distinction est faite entre TC couche 1 et gestion du système seulement. Là où est utilisée l'expression gestion du système, elle correspond à la fois à la gestion du système et à la gestion de la couche, conformément à la définition donnée dans la Recommandation Q.940.

A.2.1 Considérations générales

La gestion du système n'initialisera pas plus d'une action à la fois dans la direction de TC couche 1. Une action est délimitée par la primitive émise par la gestion du système et par la primitive correspondante qui confirme l'accomplissement de la tâche.

A.2.2 Indications d'erreur

L'entité de gestion tient compte de la séquence des primitives avant et après la réception de MPH-EI. D'après la séquence des primitives, la gestion du système peut déterminer la cause de la primitive MPH-EI (par exemple, échec de l'activation de l'interface, échec de l'activation de l'accès, perte de synchronisation du signal à l'interface au point de référence T).

Quand une erreur se produit, TC couche 1 notifie cet événement à la gestion du système au moyen de la primitive MPH-EI. La gestion du système doit décider des actions appropriées à exécuter (par exemple, maintien ou abandon de la communication, initialisation MPH-DR ou MPH-DSDR).

A.2.3 Opérations en boucle

La gestion du système doit prendre en considération que, quand TC couche 1 fonctionne en boucle, il n'envoie pas de primitives à TC couche 2.

Si une primitive est envoyée par TC couche 2 à TC couche 1 pendant le fonctionnement en boucle, TC couche 1 ignorera cette primitive.

L'établissement d'une boucle est initialisé par la gestion du système qui émet une primitive MPH-LxAR où x désigne le type de boucle: 2, 1 ou 1A.

L'établissement des boucles 1, 2 et 1A est confirmé à la gestion du système au moyen de la primitive MPH-AI. La gestion du système doit être capable d'interpréter cette MPH-AI comme une confirmation de boucle et non comme une indication d'activation normale, en tenant compte de la séquence des primitives.

A.2.4 Essai de continuité

L'essai de continuité est initialisé par la gestion du système, en utilisant la primitive MPH-AR. La gestion du système doit décider du moment où s'effectuera l'essai (c'est-à-dire à la réception de MPH-DSAI ou de MPH-AI). Si la gestion du système reçoit MPH-EI (expiration T1), on estime que l'essai a échoué.

Si l'essai a réussi, la gestion du système doit vérifier si l'établissement d'une communication est en cours ou si une communication est disponible avant l'envoi de MPH-DR.

A.2.5 Information à envoyer dans le canal D pendant le fonctionnement en boucle

L'information envoyée dans le canal D ne doit pas initialiser de schéma HDLC. Il appartient toutefois à la gestion du système de décider de l'envoi du schéma requis pour la localisation du défaut.

A.2.6 Commande de configuration

La gestion du système fera en sorte que toute action intéressant la commande de configuration ne soit émise que quand le point de référence T est désactivé.

ANNEXE B

(à la Recommandation G.960)

Vocabulaire des termes utilisés dans les Recommandations I.430, I.431, G.960 et G.961

Introduction

La présente annexe contient les termes et définitions correspondant aux aspects de la couche 1 de l'accès de l'abonné au RNIS, qu'il s'agisse de l'accès au débit de base ou au débit primaire.

Il convient d'utiliser ce vocabulaire en relation avec les Recommandations I.430, I.431, G.960 et G.961, sa portée étant limitée à ces Recommandations. Il vise à faciliter la compréhension de ces Recommandations et il sera revu pendant la prochaine période d'études et harmonisé avec les Recommandations produites par d'autres instances.

Certains termes de cette annexe se retrouvent dans d'autres Recommandations (par exemple, la Recommandation I.112 et/ou la Recommandation G.701). Les renvois à ces Recommandations sont donnés entre parenthèses pour assurer une compatibilité des Recommandations en cas de modifications futures (par exemple, «mise en boucle complète {M.125}»). Quand le terme est défini différemment bien que le sens soit le même, la référence est la suivante: «groupe fonctionnel [{I.112, 419}]».

Conformément aux conventions appliquées dans cette annexe, tout terme d'usager courant mais dont l'emploi est déconseillé dans le sens défini est indiqué après le terme recommandé comme dans l'exemple suivant: «ligne [boucle]».

Quand un terme tronqué est largement utilisé dans un contexte compris, le terme complet est cité après la forme familière, par exemple: «multiplex, équipement multiplex numérique».

- Le § B.7 contient la liste des termes mentionnés dans la présente Recommandation.
- Le § B.8 illustre les aspects généraux de la terminologie.
- Le § B.9 explique le point de référence V, l'interface V et le concept de point d'interface.

B.1 Considérations générales

101 accès de base, accès au débit de base

Arrangement d'accès usager-réseau qui correspond à la structure d'interface composée de deux canaux B et d'un canal D. Le débit binaire du canal D pour ce type d'accès est 16 kbit/s.

102 accès au débit primaire

Arrangement d'accès usager-réseau qui correspond aux débits primaires 1544 kbit/s et 2048 kbit/s. Le débit du canal D pour ce type d'accès est 64 kbit/s. Les structures d'interface au débit primaire sont données dans les Recommandations I.412 et I.431.

103 central local, central local RNIS

Central qui assure la fonction de commutation mais contient aussi la terminaison de central pour l'accès des abonnés au RNIS.

104 terminaison de ligne (TL)

Groupe fonctionnel contenant au moins les fonctions d'émission et de réception terminant une extrémité d'un système de transmission numérique.

105 terminaison de commutateur (TC)

Groupe fonctionnel contenant au moins les fonctions côté réseau couches 2 et 3 de l'interface 1.420 au point de référence T.

Remarque 1 — Cela peut ne pas être vrai si des concentrateurs ou d'autres équipements intelligents sont situés dans le réseau de distribution des lignes locales.

Remarque 2 - TC n'est pas la fonction de commutation. La mesure dans laquelle la TC assure le traitement et la gestion de commande des communications n'est pas définie.

106 terminaison de réseau (TR)

Groupe fonctionnel côté réseau d'une interface usager-réseau.

Remarque – Dans les Recommandations I.430 et I.431, «TR» désigne les aspects terminaison de réseau couche 1 des groupes fonctionnels TR1 et TR2.

107 équipement terminal (ET)

Groupe fonctionnel côté usager d'une interface usager-réseau.

Remarque – Dans les Recommandations I.430 et I.431, «ET» désigne les aspects terminaison de terminal couche 1 des groupes fonctionnels ET1, AT et TR2.

108 groupe fonctionnel [{I.112, 419}]

Ensemble de fonctions que peut accomplir un équipement.

Remarque 1 - Le support de transmission ne fait pas partie d'un groupe fonctionnel.

Remarque 2 — Les régénérateurs, les multiplexeurs et les concentrateurs sont des groupes fonctionnels qui n'entrent pas dans le cadre de la Recommandation I.411.

109 élément de connexion d'accès [accès d'abonné] [{I.324}]

Equipement fournissant la concaténation des groupes fonctionnels entre et incluant la terminaison de central et la TR1. Ce terme doit être précisé par le type d'accès utilisé, soit:

- élément de connexion d'accès de base;
- élément de connexion d'accès au débit primaire.

équipement d'abonné [installation d'abonné] [{I.324}]

Concaténation d'équipements côté usager du point de référence T (c'est-à-dire TA, ET2, ET1 et TR2 et supports de transmission correspondants). En cas d'accès multiple, l'équipement d'abonné comprend tous les équipements côté usager de tous les accès constituant l'accès multiple.

Remarque 1 – Ce terme ne doit pas impliquer ou limiter la propriété ou la responsabilité de fourniture des équipements.

Remarque 2 - Les termes «équipements d'usager» et «équipements d'abonné» sont déconseillés.

111 accès d'abonné RNIS

Equipement assurant la concaténation des groupes fonctionnels relatifs à un ou plusieurs éléments de connexion d'accès connexes (c'est-à-dire équipement d'abonné et élément de connexion d'accès).

Remarque – Ce terme ne doit pas impliquer ou limiter la propriété ou la responsabilité de la fourniture d'équipements.

112 accès direct, élément de connexion d'accès direct

Elément de connexion d'accès spécifique dans lequel la section numérique d'accès de base ou la section numérique d'accès au débit primaire est directement connectée à la terminaison de central, respectivement à un point de référence V_1 ou V_3 .

113 accès distant, élément de connexion d'accès distant

Elément de connexion d'accès spécifique dans lequel la section numérique n'est pas directement connectée à la terminaison de central mais par l'intermédiaire d'un multiplexeur ou d'un concentrateur.

point de référence {I.112, 420}

Point théorique à la jonction de deux groupes fonctionnels qui ne se chevauchent pas.

Remarque – A chaque point de référence est affectée une lettre suffixe, par exemple, point de référence T.

142 Fascicule III.5 - Rec. G.960

interface, interface physique {I.112, 408; G.701, 1008}

Frontière commune entre équipements physiques.

interface usager-réseau [interface abonné-réseau] {I.112, 409}

Interface à laquelle s'appliquent les protocoles d'accès et qui est située au point de référence S ou T.

117 interface V

Interface numérique qui coïncide en général avec le point de référence V.

Remarque 1 - Une interface V spécifique est désignée par un numéro suffixe.

Remarque 2 - Les interfaces V sont des interfaces de réseau internes.

118 point de référence V₁

Point de référence V côté réseau d'une section numérique d'accès de base pour la fourniture d'un accès de base.

Remarque – L'interface V_1 est une frontière fonctionnelle entre la terminaison de central et la terminaison de ligne; elle peut exister ou non en tant qu'interface physique. La structure d'interface V_1 se compose de deux canaux B, d'un canal D et d'un canal C_{V_1} .

119 point de référence V₂

Point de référence V côté réseau d'un concentrateur pour la fourniture de plusieurs accès au débit de base et/ou primaire.

120 point de référence V₃

Point de référence V côté réseau d'une section numérique d'accès à débit primaire pour la fourniture d'un accès à débit primaire.

121 point de référence V₄

Point de référence V côté réseau d'un multiplexeur assurant plusieurs sections numériques d'accès de base.

B.2 Transmission numérique

201 liaison numérique, liaison de transmission numérique [{I.112, 302; G.701, 3005}]

Ensemble des moyens de transmission numérique d'un signal numérique de débit spécifié entre points de référence spécifiés.

Remarque – Une liaison numérique comprend une ou plusieurs sections et peut comprendre un multiplexeur ou un concentrateur, mais pas la commutation.

202 liaison d'accès numérique

Liaison numérique entre le point de référence T et le point de référence V en cas d'accès distant seulement.

section numérique [section] [{G.701, 3007}]

Ensemble des moyens de transmission numérique d'un signal numérique de débit spécifié entre deux points de référence consécutifs. Ce terme doit être précisé par le type d'accès assuré ou par un suffixe désignant l'interface V aux frontières de la section numérique. Par exemple:

- section numérique d'accès de base;
- section numérique d'accès à débit primaire;
- section numérique V_x.

204 frontières de section numérique

Points de référence aux extrémités proche et distante de la section numérique.

205 système numérique, système de transmission numérique [système] [{G.701, 3014}]

Moyen spécifique pour fournir une section numérique.

Remarque – Pour un type de système spécifique, ce terme peut être précisé par l'insertion du support de transmission utilisé par ce système spécifique. Exemples:

- système de transmission en ligne numérique;
- système radioélectrique numérique;
- système de transmission optique numérique.

206 méthode de transmission

Technique au moyen de laquelle le système de transmission émet et reçoit des signaux par l'intermédiaire du support de transmission.

207 annulation d'écho

Méthode de transmission utilisée dans les systèmes de transmission numérique et dans laquelle la transmission est assurée simultanément dans les deux sens sur la même ligne et dans la même bande de fréquences. Un annuleur d'écho est nécessaire pour affaiblir l'écho de la transmission à l'extrémité proche.

208 multiplex à compression temporelle [mode par blocs]

Méthode de transmission utilisée dans les systèmes de transmission numérique et dans laquelle la transmission s'effectue dans les deux sens par blocs unidirectionnels sans chevauchement.

209 multiplex, équipement multiplex numérique [{G.701, 4017}]

Combinaison d'un multiplexeur numérique et d'un démultiplexeur numérique au même emplacement, fonctionnant dans des sens de transmission opposés.

210 multiplex statique [multiplex fixe]

Multiplex dans lequel chaque affluent est affecté à un ou plusieurs intervalles de temps du train principal et l'affectation est fixe.

211 multiplex dynamique [multiplex statistique]

Multiplex dans lequel l'information de signalisation de certains, ou de la totalité, des canaux D affluents est affectée à un nombre moindre d'intervalles de temps du train principal sur une base statistique, mais l'affectation d'autres canaux est fixe.

212 concentrateur, concentrateur numérique

Equipement contenant les moyens de combiner dans une direction plusieurs accès de base et/ou au débit primaire dans un moindre nombre d'intervalles de temps en omettant les voies au repos et/ou la redondance et d'assurer la séparation contradirectionnelle correspondante.

B.3 Signalisation

301 INFO

Signal défini de couche 1 ayant une signification et un codage spécifiés à une interface usager-réseau pour l'accès de base.

144 Fascicule III.5 - Rec. G.960

302 SIG

Signal représentant un échange d'information de couche 1 entre les terminaisons de ligne d'un système de transmission numérique pour accès de base.

303 éléments de fonction (EF)

Signal représentant un échange fonctionnel d'information de couche 1 à l'interface V₁.

304 canal de commande; canal C [canal de service]

Capacité de transmission supplémentaire affectée spécialement à un point de référence ou à une interface ou transportée par un système de transmission numérique, pour assurer l'exécution de fonctions de gestion.

Remarque – Le canal de commande à un point de référence, une interface ou un type de système de transmission spécifique est désigné par un suffixe, par exemple:

- canal C_{V1}: canal de commande à l'interface V₁;
- canal C₁: canal de commande à la ligne.

B.4 Activation/désactivation

401 désactivation

Fonction qui place un système ou une partie de système dans un mode de non-fonctionnement ou de fonctionnement partiel, dans lequel la consommation d'énergie du système peut être réduite (mode de faible consommation d'énergie).

402 activation

Fonction qui place un système ou une partie de système, qui peut avoir été dans le mode de faible consommation d'énergie pendant la désactivation, dans son mode de fonctionnement normal.

403 activation permanente

Activation d'un système ou d'une partie de système qui ne sera pas désactivé au cas où le mode de fonctionnement normal n'est pas exigé.

404 activation de ligne

Fonction qui exige que le système de transmission en ligne numérique soit activé mais qui peut aussi activer l'interface usager-réseau.

405 activation de la ligne seule

Fonction qui exige l'activation du système de transmission en ligne numérique uniquement et qui n'active pas l'interface usager-réseau.

406 activation en une seule étape

Type d'activation qui appelle une séquence d'actions pour activer le système de transmission en ligne numérique et l'interface usager-réseau au moyen d'une seule commande.

407 activation en deux étapes

Type d'activation déclenché d'abord par une commande pour appeler une séquence d'actions pour activer le système de transmission en ligne numérique puis par une seconde commande pour activer l'interface usager-réseau.

408 désactivation en une seule étape

Désactivation du système de transmission en ligne numérique et de l'interface usager-réseau appelée par une seule commande.

409 désactivation de l'interface usager-réseau

Désactivation de l'interface usager-réseau qui ne désactive pas le système de transmission en ligne numérique.

B.5 Bouclages

bouclage, bouclage numérique {M.125} [boucle d'essai] [{I.112 G}]

Mécanisme incorporé à un élément d'équipement et permettant de mettre en boucle un trajet de communication bidirectionnel de manière qu'une partie ou la totalité de l'information contenue dans le train de bits envoyé sur le trajet d'émission soit renvoyée sur le trajet de réception.

502 type de bouclage

Caractéristique d'un bouclage qui spécifie la relation entre l'information entrant dans le bouclage et celle qui le quitte dans le sens opposé.

503 bouclage complet {M.125}

Mécanisme physique de couche 1 qui fonctionne sur le train de bits complet. Au point de mise en boucle, le train de bits de réception est renvoyé vers le poste émetteur sans modification.

Remarque – L'emploi de l'expression «bouclage complet» ne se rapporte pas à une mise en œuvre, car un tel bouclage peut être assuré au moyen d'éléments logiques actifs ou par une dissymétrie commandée d'un transformateur différentiel, etc. Au point de commande, seuls les canaux d'informations peuvent être disponibles.

504 bouclage partiel {M.125} [bouclage en écho]

Mécanisme physique de couche 1 qui fonctionne sur un ou plusieurs canaux spécifiés multiplexés dans le train de bits complet. Au point de bouclage, le train de bits reçu associé au canal (aux canaux) spécifié(s) est renvoyé au poste émetteur sans modification.

505 bouclage logique {M.125}

Bouclage qui agit de façon sélective sur certaines informations dans un ou plusieurs canaux spécifiés et qui peut provoquer une modification spécifiée de l'information en boucle. Les bouclages logiques peuvent être définis pour s'appliquer à une couche quelconque, en fonction des procédures de maintenance détaillées qui sont spécifiées.

506 point de bouclage [{M.125}]

Emplacement précis du bouclage.

507 mécanisme de commande de bouclage [mécanisme de commande] {M.125}

Moyen permettant d'activer le bouclage et de le désactiver à partir du point de commande de bouclage.

point de commande de bouclage [point de commande] {M.125}

Point qui a la possibilité de commander directement les bouclages. Ce point peut recevoir des demandes de fonctionnement en boucle de plusieurs points demandant un bouclage.

point de demande de bouclage [{M.125}]

Point qui demande au point de commande de bouclage de faire une mise en boucle.

146

510 application de bouclage {M.125}

Phase de maintenance pendant laquelle l'opération de bouclage est utilisée.

511 signal vers l'avant

Signal transmis au-delà du point de bouclage.

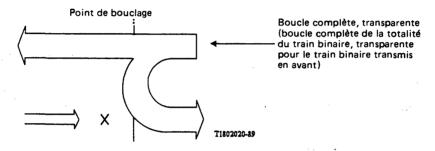
Remarque - Le signal vers l'avant peut être défini ou non spécifié.

512 séquence d'essai de bouclage [{M.125}]

Information transmise pendant l'opération du bouclage dans le canal ou les canaux qui doivent être réacheminés par le bouclage.

513 bouclage transparent {M.125}

Bouclage dans lequel le signal transmis au-delà du point de bouclage (le signal vers l'avant) quand le bouclage est activé est le même que le signal reçu au point de bouclage. Voir la figure B-1/G.960.

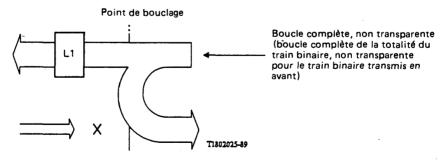


X Signal neutralisé pour éviter des perturbations avec le signal en boucle

FIGURE B-1/G.960

514 bouclage non transparent {M.125}

Dans un bouclage non transparent, le signal transmis au-delà du point de bouclage (signal vers l'avant) quand le bouclage est activé n'est pas le même que le signal reçu au point de bouclage. Le signal vers l'avant peut être défini ou non spécifié. Voir la figure B-2/G.960.



- X Signal neutralisé afin d'éviter des perturbations avec le signal en boucle
- L1 Equipement qui modifie ou inhibe le signal transmis

FIGURE B-2/G.960

B.6 Réseau de distribution de lignes locales

601 réseau de distribution de lignes locales

Réseau de câbles et de fils qui sont actuellement installés entre un central local et les locaux de l'abonné.

602 paire torsadée

Ligne ou portion de ligne dont chaque conducteur (isolé) est torsadé sur l'autre pour réduire l'effet d'induction provenant de champs électromagnétiques et/ou électrostatiques parasites.

Remarque – Cette définition s'applique aussi aux quartes à paires torsadées, la différence étant que dans ce cas deux paires sont torsadées ensemble.

603 câble de central

Câble faisant partie du réseau de distribution de lignes locales et utilisé dans le central local entre la terminaison de ligne et le répartiteur principal.

604 câble principal

Câble utilisé dans le réseau de distribution de lignes locales entre le répartiteur principal et un point de sous-répartition.

605 câble de distribution

Câble utilisé dans le réseau de distribution de lignes locales entre le point de sous-répartition et un point de distribution.

606 câble d'installation (câble d'abonné)

Câble ou simple paire de fils métalliques utilisé dans le réseau de distribution de lignes locales entre un point de distribution et les locaux de l'abonné.

607 terminaison en T

Longueur de ligne de circuit ouvert inutilisée branchée en T sur la ligne d'abonné pour augmenter la souplesse du réseau de distribution de lignes locales.

Remarque – Des terminaisons en T ne sont pas utilisées dans tous les réseaux de distribution de lignes locales.

608 fils nus

Paire de fils métalliques parallèles, suspendus et souvent non isolés.

Remarque – Les câbles d'installation aériens couramment utilisés entre les poteaux de distribution et les locaux de l'abonné ne sont pas des fils nus.

609 bobine de charge

Dispositif servant à modifier les caractéristiques électriques d'une ligne et à assurer un affaiblissement relativement constant dans toute la gamme des fréquences vocales, mais qui donne un affaiblissement relativement élevé au-delà de cette gamme.

610 diaphonie

Phénomène par lequel un signal non désiré est introduit dans une ligne par couplage avec une ou plusieurs autres lignes.

611 diaphonie dans un système

Diaphonie entre les lignes utilisant un même câble, le même type de système de transmission étant utilisé sur chaque ligne.

612 diaphonie entre systèmes

Diaphonie entre lignes utilisant un même câble, des types de systèmes de transmission différents étant utilisés sur chaque ligne.

613 paradiaphonie (NEXT)

Diaphonie dans laquelle le couplage se produit à l'émetteur ou à proximité de celui-ci.

614 télédiaphonie (FEXT)

Diaphonie dans laquelle le couplage se produit à l'extrémité, ou près de l'extrémité de la ligne la plus éloignée de l'émetteur.

615 ligne [boucle]

Support de transmission entre terminaisons de ligne. Ce terme peut être précisé par le type de support utilisé, par exemple:

- ligne métallique: paire de fils métalliques (généralement en cuivre),
- ligne optique: une fibre optique (transmission bidirectionnelle) ou une paire de fibres (transmission unidirectionnelle).

616 ligne locale [ligne d'abonné]

Ligne individuelle contenue entre la TL et les locaux de l'abonné, passant à travers les câbles de central principal, de distribution et d'installation.

617 ligne locale numérique

Ligne locale utilisée par un système de transmission numérique.

Remarque – Les régénérateurs ne font pas partie de la ligne mais ils peuvent être insérés entre deux longueurs de ligne.

B.7	Liste alphabétique des termes contenus dans la	présente an	nexe
101	Accès au débit de base		
102	Accès au débit primaire	301	INFO
111	Accès d'abonné RNIS	110	[Installation d'abonné]
109	[Accès d'abonné]	115	Interface
101	Accès de base	116	[Interface abonné-réseau]
112	Accès direct	115	Interface physique
113	Accès distant	116	[Interface abonné-réseau]
402	Activation	115	Interface physique
404	Activation de ligne	116	Interface usager-réseau
405	Activation de la ligne seule	117	Interface V
406	Activation en une seule étape	202	Liaison d'accès numérique
407	Activation en deux étapes	201	Liaison de transmission numérique
403	Activation permanente	201	Liaison numérique
207	Annulation d'écho	615	Ligne
510	Application de bouclage	616	[Ligne d'abonné]
609	Bobine de charge	616	
501	Bouclage		Ligne locale
503	Bouclage complet	617	Ligne locale numérique
504	[Bouclage en écho]	507	[Mécanisme de commande]
505	Bouclage logique	507	Mécanisme de commande de bouclage
514	Bouclage non transparent	206	Méthode de transmission
501	Bouclage numérique	208	[Mode par blocs]
504	Bouclage partiel	209	Multiplex
513	Bouclage transparent	208	Multiplex à compression temporelle
615	[Boucle]	211	Multiplex dynamique
501	[Boucle d'essai]	210	[Multiplex fixe]
606	[Câble d'abonné]	210	Multiplex statique
603	Câble de central	211	[Multiplex statistique]
605	Câble de distribution	602	Paire torsadée
606	Câble d'installation	613	Paradiaphonie (NEXT)
		506	Point de bouclage
604 304	Câble principal Canal C	508	[Point de commande]
		508	Point de commande de bouclage
304	Canal de commande	509	Point de demande de bouclage
304	[Canal de service]	114	Point de référence
103	Central local	118	Point de référence V ₁
103	Central local RNIS	119	Point de référence V ₂
212	Concentrateur	120	Point de référence V ₃
212	Concentrateur numérique	121	Point de référence V ₄
401	Désactivation	601	Réseau de distribution de lignes locales
409	Désactivation de l'interface usager-réseau	203	[Section]
408	Désactivation en une seule étape	203	Section numérique
610	Diaphonie	512	Séquence d'essai de bouclage
611	Diaphonie dans un système	302	SIG
612 -	Diaphonie entre systèmes	511	•
109	Elément de connexion d'accès		Signal vers l'avant
112	Elément de connexion d'accès direct	205	[Système]
113	Elément de connexion d'accès distant	205	Système de transmission numérique
303	Eléments de fonction (EF)	205	Système numérique
110	Equipement d'abonné	614	Télédiaphonie (FEXT)
209	Equipement multiplex numérique	105	Terminaison de commutateur (TC)
107	Equipement terminal (ET)	104	Terminaison de ligne (TL)
608	Fils nus	106	Terminaison de réseau (TR)
204	Frontières de section numérique	607	Terminaison en T
108	Groupe fonctionnel	502	Type de bouclage

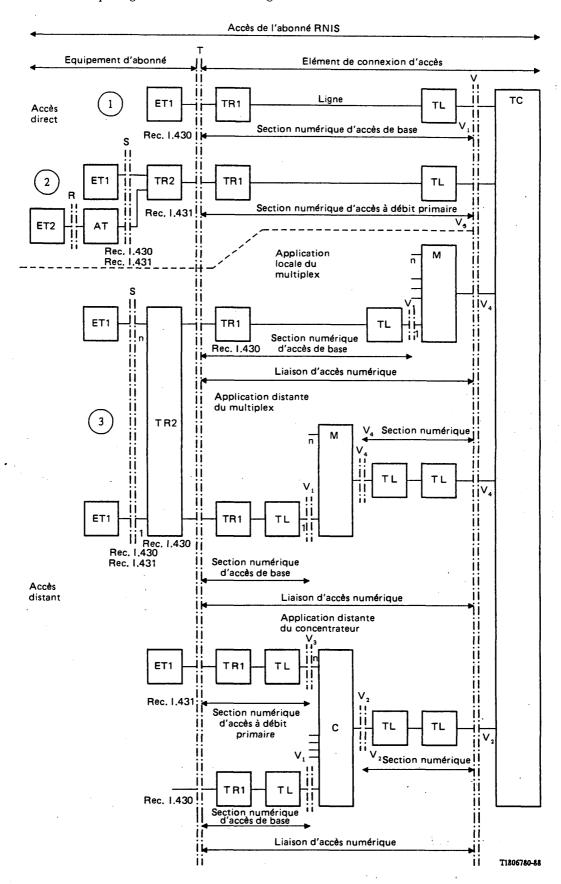


FIGURE B-3/G.960

Le point de référence V₁ et le point de référence V₃ sont toujours du côté réseau de la terminaison de ligne et ils sont applicables aux différents accès (d'ordre inférieur).

Un point de référence réalisé physiquement par une interface exige que soient spécifiés au moins deux points d'interface. Voir la figure B-4/G.960.

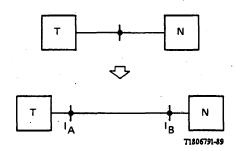
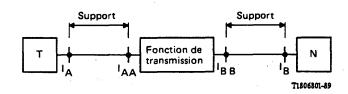


FIGURE B-4/G.960

B.9.2 Point d'interface

Un d'au moins deux emplacements physiques associés avec une interface. Les points d'interface marquent l'extrémité du support de transmission qui assure l'interface et l'emplacement éventuel des connecteurs (s'il y

La portée d'une interface quelconque peut être prolongée par l'utilisation d'un système de transmission, à condition que ce dernier soit transparent vis-à-vis des fonctions transportées par l'interface. En pareil cas, deux autres points d'interface sont nécessaires. Voir la figure B-5/G.960.



Remarque - L'insertion d'un système de transmission dans une interface spécifique peut ètre limitée par les conditions de qualité de fonctionnement requises.

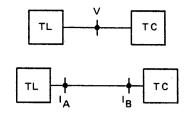
FIGURE B-5/G.960

B.9.3 Un groupe d'accès peut être multiplexé ou concentré pour constituer un accès d'ordre supérieur (c'est-àdire V₂ ou V₆ pour les interfaces d'ordre supérieur d'accès de base).

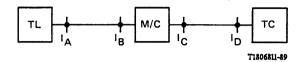
Il n'y a qu'un point de référence V où les interfaces V peuvent être mises en œuvre (entre TL et TC). Voir la figure B-6/G.960.

Cette méthode concorde avec l'emploi des points d'interface I_B et I_A dans les Recommandations I.430 et I.431:

- en ce qui concerne la technique de modélisation utilisée jusqu'ici;
- en ce qui concerne la terminologie utilisée jusqu'ici;
- en ce qui concerne le fait qu'un point de référence S ou T peut assurer une gamme d'interfaces (Rec. I.430/I.431);
- elle n'est pas en contradiction avec la Recommandation Q.512.



a) Application d'interface d'ordre inférieur



b) Application d'interface d'ordre supérieur

M/C Multiplexeur ou concentrateur

 $\begin{array}{lll} \textit{Remarque} - I_B \text{ et } I_A \text{ sont les points d'interface assurant les interfaces } V_1 \text{ ou } V_3. \\ I_C \text{ et } I_D \text{ sont les points d'interface assurant les interfaces } V_2 \text{ ou } V_4. \end{array}$

FIGURE B-6/G.960

Recommandation G.961

SYSTÈME DE TRANSMISSION NUMÉRIQUE EN LIGNES LOCALES MÉTALLIQUES POUR ACCÈS RNIS AU DÉBIT BINAIRE DE BASE

(Melbourne, 1988)

1 Considérations générales

1.1 Portée

La présente Recommandation couvre les caractéristiques et les paramètres d'un système de transmission numérique du côté réseau de TR1 pour constituer une partie de la section numérique pour l'accès RNIS au débit binaire de base.

Le système permettra la transmission:

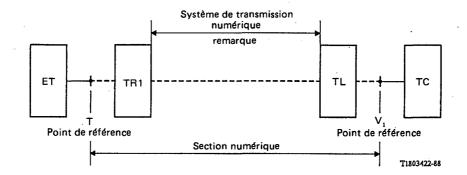
- duplex,
- indépendante de la séquence des bits,

de deux canaux B et d'un canal D, tels qu'ils sont définis dans la Recommandation I.412, ainsi que l'accomplissement des fonctions supplémentaires de la section numérique, telles qu'elles sont définies dans la Recommandation I.603 pour l'exploitation et la maintenance.

La terminologie utilisée dans la présente Recommandation est très spécifique et ne figure pas dans les autres Recommandations qui traitent de terminologie. L'annexe B à la Recommandation G.960 contient en conséquence la liste des termes utilisés dans la présente Recommandation, avec leur définition.

1.2 Définitions

La figure 1/G.961 indique les limites du système de transmission numérique par rapport à la se ction numérique.



Remarque – Dans la présente Recommandation, l'expression système de transmission numérique désigne un système en ligne utilisant des lignes métalliques. Il peut être nécessaire d'utiliser un régénérateur intermédiaire.

FIGURE 1/G.961

Limites de la section numérique et du système de transmission numérique

La notion de section numérique est utilisée pour permettre une description des fonctions et des procédures, ainsi qu'une définition des caractéristiques de réseau. On notera que les points de référence T et V_1 ne sont pas identiques et que la section numérique n'est donc pas symétrique.

La notion de système de transmission numérique est utilisée pour permettre la description des caractéristiques d'une mise en œuvre, utilisant un moyen de transmission déterminé, servant de support à la section numérique.

1.3 Objectifs

Considérant que la section numérique entre le central local et l'usager est un élément clé de l'introduction réussie du RNIS dans le réseau, on tient compte des caractéristiques suivantes pour la spécification:

- observer la performance d'erreur spécifiée dans la Recommandation G.960;
- fonctionner sur les lignes locales existantes, 2 fils, non chargées, les lignes en fils nus étant exclues;
- parvenir à une occupation de 100% du câble pour l'accès de base RNIS, sans sélection de paires, réarrangements ou retrait de ponts de dérivation (PD) présents dans de nombreux réseaux;
- étendre à la majorité des usagers, sans utilisation de régénérateurs, les services fournis par l'accès de base RNIS. Dans les quelques cas restants, des arrangements spéciaux peuvent être nécessaires;
- coexistence, dans la même unité de câble, avec la plupart des services existants, comme téléphonie et transmission de données dans bande téléphonie;
- prise en considération de différents règlements nationaux concernant IEM;
- alimentation en énergie à partir du réseau, dans des conditions normales ou réduites, par l'accès de base, lorsque l'Administration fournit cette facilité;
- capacité à permettre les fonctions de maintenance.

1.4 Abréviations

Un certain nombre d'abréviations est utilisé dans la présente Recommandation. Certaines d'entre elles sont couramment utilisées dans la configuration de référence RNIS tandis que d'autres sont uniquement créées pour ladite Recommandation. Ces dernières sont énumérées ci-après:

TEB taux d'erreur sur les bits

PD pont de dérivation

CISPR Comité international spécial des perturbations radioélectriques (fait maintenant partie de la CEI)

CL canal de commande du système de ligne

ECH annulation d'écho

IEM interférence électromagnétique

LLN ligne locale numérique

STN système de transmission numérique

NEXT paradiaphonie

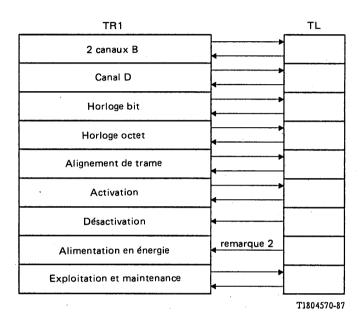
PSP perte somme puissance

MCT multiplex compression temps

IU intervalle unitaire

2 Fonctions

La figure 2/G.961 représente les fonctions du système de transmission numérique en lignes locales métalliques.



Remarque 1 — L'utilisation optionnelle d'un régénérateur doit être prévue.

Remarque 2 — Cette fonction est optionnelle.

FIGURE 2/G.961

Fonctions du système de transmission numérique

2.1 Canal B

Cette fonction fournit, pour chaque sens de transmission, deux canaux indépendants à 64 kbit/s pour utilisation comme canaux B (définition donnée dans la Recommandation I.412).

2.2 Canal D

Cette fonction fournit, pour chaque sens de transmission, un canal D au débit binaire de 16 kbit/s (définition donnée dans la Recommandation I.412).

2.3 Horloge bit

Cette fonction fournit l'horloge bit (élément de signal) permettant à l'équipement de réception d'extraire l'information du train composite de bits. L'horloge bit pour la direction TR1 vers LT sera dérivée de la base de temps reçue par TR1 de LT.

2.4 Horloge octet

Cette fonction fournit une horloge octet à 8 kHz pour les canaux B. Elle sera dérivée du verrouillage de trame.

2.5 Verrouillage de trame

Cette fonction permet à TR1 et TL de récupérer les voies multiplexées par répartition dans le temps.

2.6 Activation à partir de TL ou TR1

Cette fonction rétablit le système de transmission numérique (STN), entre TL et TR1, dans son état normal de fonctionnement. Les procédures nécessaires à la mise en œuvre de cette fonction sont décrites au § 6 de la présente Recommandation.

L'activation à partir de TL ne peut s'appliquer qu'au STN seulement, ou au STN plus l'équipement d'usager. Lorsque l'équipement d'usager n'est pas connecté, le STN peut encore être activé.

Remarque – Les fonctions nécessaires au fonctionnement et à la maintenance de TR1 et d'un régénérateur (le cas échéant), ainsi que les procédures d'activation/désactivation, sont combinées en une capacité de transport à transmettre avec les canaux 2B + D. Cette capacité de transport est appelée canal CL.

2.7 Désactivation

Cette fonction est spécifiée pour permettre à TR1 et au régénérateur (le cas échéant) d'être mis dans un mode de faible consommation d'énergie ou pour réduire la diaphonie à l'intérieur d'un système au détriment d'autres systèmes. Les procédures et l'échange d'information sont décrits au § 6 de la présente Recommandation. Cette désactivation ne doit être initialisée que par le central (TC). Voir la remarque figurant au § 2.6.

2.8 Alimentation en énergie

Cette fonction permet l'alimentation à distance d'un régénérateur (le cas échéant) et de TR1. La fourniture d'un courant de veille est recommandée.

Remarque – La fourniture d'une alimentation en ligne de l'interface usager/réseau (puissance normale ou réduite), telle qu'elle est définie dans la Recommandation I.430, est exigée de certaines Administrations.

2.9 Opérations et maintenance

Cette fonction assure les actions et informations recommandées décrites dans la Recommandation I.603.

Les catégories de fonctions suivantes ont été identifiées:

- commande de maintenance (par exemple, commande de boucle dans le régénérateur ou TR1);
- information de maintenance (par exemple, erreurs de ligne);
- indication de conditions défectueuses:
- information concernant l'alimentation en énergie dans TR1.

Voir la remarque figurant au § 2.6.

3 Moyen de transmission

3.1 Description

Le moyen de transmission par lequel le système de transmission numérique est appelé à fonctionner est le réseau de distribution en lignes locales.

Un réseau de distribution en lignes locales emploie des câbles à paires pour fournir un service à ses usagers.

Dans un tel réseau, les usagers sont connectés au commutateur local par des lignes locales.

Une ligne locale métallique doit simultanément assurer des transmissions numériques bidirectionnelles pour l'accès de base RNIS entre TL et TR1.

Pour simplifier l'établissement d'accès de base RNIS, un système de transmission numérique doit pouvoir fonctionner de manière satisfaisante sur la majorité des lignes locales métalliques, sans conditionnement spécial. La pénétration maximale des lignes locales métalliques s'obtient en maintenant à un minimum les conditions à observer par le RNIS.

Dans le texte qui suit, l'expression ligne locale numérique (LLN) désigne une ligne locale métallique répondant aux exigences minimales RNIS.

3.2 Exigences minimales RNIS

- a) pas de bobines de charge;
- b) pas de fils nus:
- c) en présence de PD, certaines restrictions peuvent s'imposer. Le § 4.2.1 traite de configurations PD types autorisées.

3.3 Caractéristiques physiques des LLN

Pour répondre aux exigences minimales RNIS, la LLN est généralement faite d'un ou plusieurs segments de paire torsadée raccordés par épissure. Dans un réseau de distribution type en lignes locales, ces segments de paire torsadée se trouvent dans différents types de câble, comme l'indique la figure 3/G.961.

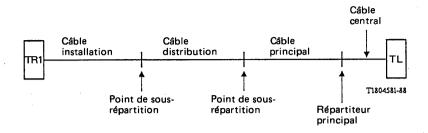


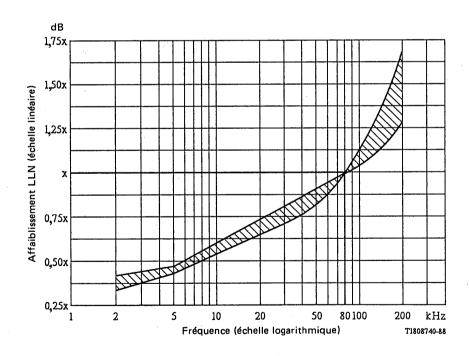
FIGURE 3/G.961

Modèle physique LLN

3.4 Caractéristiques électriques LLN

3.4.1 Affaiblissement d'insertion

L'affaiblissement de la LLN ne sera pas linéairement proportionnel à la caractéristique de fréquence. Pour toute LLN de segments d'un diamètre donné, sans PD et avec affaiblissement d'insertion de x dB à 80 kHz, le comportement type de l'affaiblissement d'insertion en fonction de la fréquence est conforme à la figure 4/G.961.



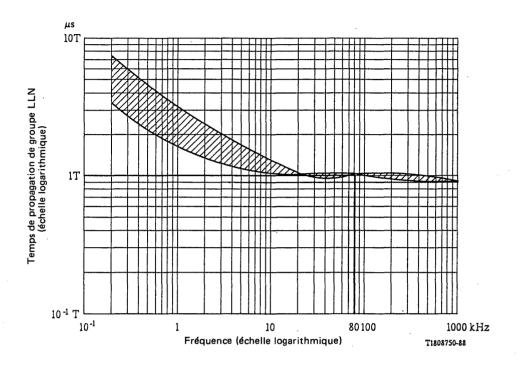
Remarque — La valeur maximale de x va de 37 dB à 50 dB à 80 kHz. La valeur minimale peut être proche de zéro.

FIGURE 4/G.961

Caractéristique type de l'affaiblissement d'insertion en l'absence de PD

3.4.2 Temps de propagation de groupe

La figure 5/G.961 indique les grandeurs types des valeurs du temps de propagation de groupe LLN en fonction de la fréquence.



Remarque — La valeur maximale du temps de propagation dans un seul sens (T) va de 30 à 60 microsecondes à 80 kHz.

FIGURE 5/G.961

Caractéristique type du temps de propagation de groupe

3.4.3 Impédance caractéristique

La figure 6/G.961 indique les grandeurs types des parties réelle et imaginaire de l'impédance caractéristique de paires torsadées dans différents types de câble.

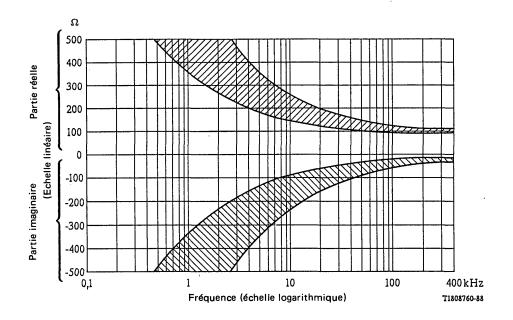


FIGURE 6/G.961

Grandeurs types des valeurs des parties réelle et imaginaire de l'impédance caractéristique

3.4.4 Paradiaphonie (NEXT)

La LLN présentera un affaiblissement de couplage diaphonique fini pour les autres paires partageant le même câble. Dans le cas NEXT le plus défavorable, la perte de somme de puissance (PSP) varie de 44 à 57 dB à 80 kHz (voir le § 4.2.2).

L'affaiblissement LLN et la PSP ont été indépendamment spécifiés. Il n'est toutefois pas nécessaire d'observer simultanément tous les points des deux gammes de valeurs. La figure 7/G.961 représente une combinaison affaiblissement LLN/PSP pour définir la gamme de fonctionnement combinée.

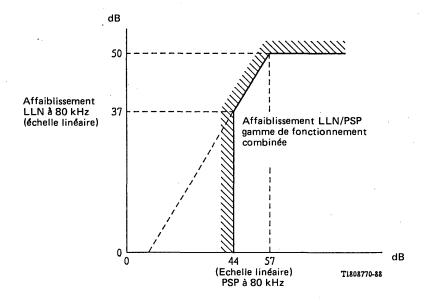


FIGURE 7/G.961

Représentation combinée affaiblissement LLN/PSP gamme de fonctionnement

3.4.5 Dissymétrie par rapport à la terre

La LLN présente une symétrie par rapport à la terre. La dissymétrie par rapport à la terre est exprimée par l'affaiblissement de conversion longitudinale. La figure 8/G.961 donne les valeurs dans le cas le plus défavorable.

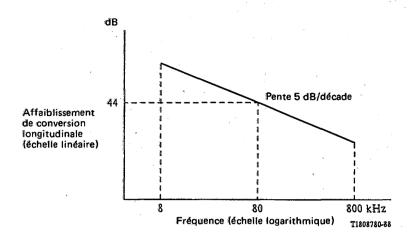


FIGURE 8/G.961

Affaiblissement de conversion longitudinale/fréquence –
cas le plus défavorable

3.4.6 Bruit impulsif

La LLN présentera du bruit impulsif résultant des autres systèmes qui partagent le même câble, ainsi que d'autres sources.

4 Performance du système

4.1 Qualité de fonctionnement requise

En ce qui concerne la section numérique, les limites de performance sont spécifiées au § 4 de la Recommandation G.960. La performance du système de transmission numérique doit être telle que ces limites de performance soient atteintes. A cette fin, un système de transmission numérique doit passer en laboratoire des tests de fonctionnement spécifiques. Ces tests sont décrits dans les paragraphes qui suivent.

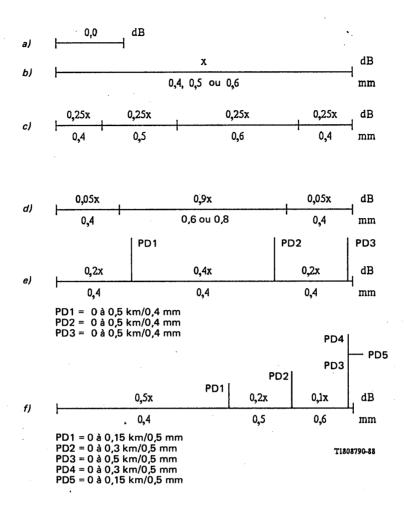
4.2 Mesures de performance

Les mesures de performance en laboratoire d'un système de transmission numérique déterminé demandent les préparatifs suivants:

- a) définition d'un certain nombre de modèles LLN pour représenter les caractéristiques physiques et électriques rencontrées dans les réseaux de distribution en lignes locales;
- b) simulation de l'environnement électrique dû à l'affaiblissement de couplage diaphonique fini causé aux autres paires du même câble;
- c) simulation de l'environnement électrique dû au bruit impulsif;
- c) spécification des tests de performance en laboratoire pour vérifier que les limites de performance mentionnées au § 4.1 seront observées.

4.2.1 Modèles physiques de la LLN

En vue de la détermination, en laboratoire, de la performance d'un système de transmission numérique assurant l'accès de base RNIS, il faut disposer de quelques modèles représentatifs des LLN qui se trouveront dans un réseau de distribution en lignes locales particulier. Dans chaque modèle, l'affaiblissement maximal est, sur option, réglé entre 37 et 50 dB à 80 kHz pour répondre aux exigences de ce réseau particulier. De même, les longueurs des PD sont sur option fixées dans la gamme définie à la figure 9/G.961.



Remarque 1 — La valeur x varie de 37 à 50 dB à 80 kHz. Remarque 2 — On peut utiliser des diamètres équivalents. Par exemple, 0,6 mm équivaut à AWG 22 (AWG = American Wire Gauge).

FIGURE 9/G.961 Modèles physiques de la LLN pour essai en laboratoire

4.2.2 Modélisation de la diaphonie à l'intérieur du système

4.2.2.1 Définition de la diaphonie à l'intérieur du système

En règle générale, le bruit diaphonique résulte de l'affaiblissement de couplage fini entre les paires qui partagent le même câble, en particulier les paires physiquement adjacentes. L'affaiblissement de couplage fini entre les paires fait qu'un vestige du signal qui passe sur une LLN (LLN perturbatrice) est couplé dans la LLN adjacente (LLN perturbée). C'est ce vestige qui constitue le bruit diaphonique. On admet que la paradiaphonie (NEXT) est le type de diaphonie dominant. La NEXT à l'intérieur du système, ou self-NEXT, se produit quand toutes les paires qui, dans un câble, se perturbent les unes les autres sont utilisées pour le même système de transmission numérique. La NEXT entre systèmes se produit quand les paires qui sont utilisées pour des systèmes de transmission numérique différents interfèrent entre elles. La définition de la NEXT entre systèmes n'est pas traitée dans la présente Recommandation.

Le bruit de self-NEXT couplé dans une LLN perturbée à partir d'un certain nombre de LLN perturbatrices est représenté comme causé par une seule LLN perturbatrice équivalente, avec un affaiblissement de couplage/caractéristique de fréquence désigné par PSP. La figure 10/G.961 représente le cas le plus défavorable de PSP dans un réseau de distribution en lignes locales. On admet que toutes les PSP ont des terminaisons à résistance de Ro ohms. La valeur de Ro va de 110 à 150 ohms.

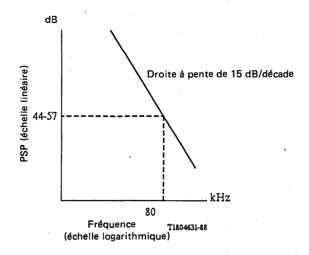


FIGURE 10/G.961

Perte somme puissance (PSP) – cas le plus défavorable

4.2.2.2 Arrangement de mesure

Pour tester la performance des systèmes de transmission numérique, il faut simuler le bruit self-NEXT. Ce bruit couplé dans le récepteur de la LLN perturbée dépend:

- a) du spectre de puissance du signal numérique transmis. Le spectre de puissance est fonction du code de ligne et du filtre de transmission;
- b) de la forme du spectre due à la caractéristique PSP de la figure 10/G.961.

L'arrangement de mesure de la figure 11/G.961 est utilisable pour mesurer la performance en présence de bruit diaphonique à l'intérieur du système.

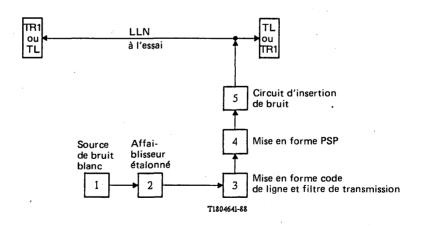


FIGURE 11/G.961
Simulation et mesure du bruit diaphonique

L'arrangement de mesure de la figure 11/G.961 est décrit ci-après:

- a) la case 1 représente une source de bruit blanc de densité spectrale constante. Le spectre est uniformément plat de 100 Hz à 500 kHz, puis s'abaisse progressivement à raison de ≥ 20 dB/décade;
- b) la case 2 représente un affaiblissement réglable;
- c) la case 3 représente un filtre qui met en forme le spectre de puissance pour qu'il corresponde à un code de ligne et à un filtre de transmission particulier;
- d) la case 4 représente un filtre qui met en forme le spectre de puissance conformément à la caractéristique PSP de la figure 10/G.961;
- e) la case 5 représente un circuit d'insertion de bruit qui couple le bruit diaphonique simulé dans la LLN sans perturber sa performance. L'impédance de sortie du circuit d'insertion doit donc être élevée par rapport à l'ordre de grandeur de l'impédance caractéristique de la LLN à l'essai. Une valeur > 4.0 kΩ dans la gamme de fréquence 0-1000 kHz est recommandée.

Les cases 3, 4 et 5 de la figure 11/G.961 sont des représentations théoriques. Selon les réalisations particulières, on peut peut-être les combiner en un seul circuit. L'arrangement de mesure de la figure 11/G.961 est étalonné conformément à ce qui suit:

- a) terminaison de la sortie de la case 5 par une résistance d'une valeur de Ro/2 ohms et mesure de la valeur efficace (valeur quadratique moyenne) réelle de la tension en travers de cette résistance dans une largeur de bande partant de 100 Hz pour dépasser 500 kHz. La puissance dissipée dans la résistance Ro/2 est de 3 dB plus élevée que la puissance couplée dans le récepteur de la LLN à l'essai;
- b) la forme du spectre de bruit mesurée en travers de la résistance Ro/2 doit répondre aux conditions suivantes:
 - ± 1 dB pour les valeurs inférieures de 0 dB à 10 dB à la crête théorique;
 - ± 3 dB pour les valeurs inférieures de 10 dB à 20 dB à la crête théorique.

Aux fins de mesures, une largeur de bande de résolution ≤ 10 kHz est recommandée;

c) le facteur de crête de la tension de bruit en travers de la résistance Ro/2 doit être ≥ 4. Cette valeur fixe à son tour les caractéristiques de la portée dynamique des circuits utilisés dans l'arrangement de mesure.

Avec l'arrangement de mesure étalonné comme il est plus haut spécifié, on peut injecter dans la LLN, pendant le contrôle de sa performance, un bruit diaphonique causé, à l'intérieur du système, par le cas le plus défavorable de PSP. Le niveau de bruit peut être poussé ou réduit pour déterminer les marges positive ou négative de performance.

4.2.3 Modélisation du bruit impulsif

4.2.3.1 Définition du bruit impulsif

L'énergie du bruit impulsif semble concentrée dans de cours intervalles de temps aléatoires pendant lesquels il atteint des niveaux substantiels. Le reste du temps, les effets du bruit impulsif sont négligeables.

4.2.3.2 Arrangement de mesure

La figure 12/G.961 représente un arrangement possible pour la mesure du bruit impulsif.

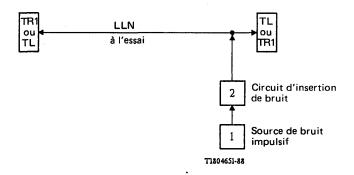
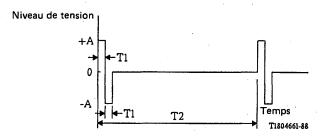


FIGURE 12/G.961

Simulation et mesure du bruit impulsif

La source du bruit impulsif de la figure 12/G.961 demande un complément d'étude. Deux classes possibles de signaux de bruit impulsif sont décrites ci-après:

- bruit blanc de niveau de densité spectrale uniforme de 5-10 μ V/ $\sqrt{\text{Hz}}$ et la largeur de bande > 4 fois la fréquence de Nyquist du système particulier. Le facteur de crête du bruit doit être > 4;
- forme d'onde particulière, représentée à la figure 13/G.961.



- A Niveau de crête, provisoirement fixé à 100 mV
- T1 Durée de l'impulsion, provisoirement fixée à des périodes de 3 bauds
- T2 Période > T1

Remarque — Dans certains réseaux de distribution en lignes locales, et à titre d'option nationale, les mesures de la performance de bruit diaphonique sont estimées suffisantes pour évaluer un système de transmission numérique déterminé. En pareil cas, des règles techniques appropriées sont appliquées à la LLN pour la protéger contre le bruit impulsif.

FIGURE 13/G.961

Forme d'onde possible du bruit impulsif simulé

4.2.4 Mesures de performance

Il faut cinq types de mesures pour décrire la performance globale d'un système de transmission numérique, afin de savoir s'il est propre à fonctionner dans le réseau de distribution en lignes locales modélisé dans la présente Recommandation.

4.2.4.1 Portée dynamique

La performance de portée dynamique décrit la capacité d'un système de transmission numérique particulier de fonctionner avec des signaux reçus dont le niveau est très variable. Dans la figure 9/G.961, les modèles 1 et 2 de la LLN présentent un affaiblissement qui va de très réduit (0 dB) à très élevé (37-50 dB à 80 kHz).

Quand on procède à des mesures avec les modèles 1 et 2 de la LLN (figure 9/G.961), aucune erreur ne doit être observée pendant une quelconque période de mesure de 15 minutes (valeur provisoire) au cours du contrôle d'un quelconque canal B.

La spécification des séquences de données à utiliser pour cette mesure demande un complément d'étude.

4.2.4.2 Immunité à l'écho

Les autres modèles LLN de la figure 9/G.961 sont utilisés pour mesurer la performance des systèmes de transmission numérique en présence de PD et/ou de changements de diamètre.

Aucune erreur ne doit se produire, dans chacun de ces modèles, pendant une période de mesure quelconque de 15 minutes (valeur provisoire) au cours du contrôle d'un quelconque canal B.

La spécification des séquences de données à utiliser pour la mesure demande un complément d'étude.

4.2.4.3 Diaphonie à l'intérieur du système

Si l'on utilise l'arrangement de diaphonie décrit au § 4.2.2.2, avec injection, dans chaque modèle LLN de la figure 9/G.961, d'un bruit diaphonique simulé, le taux observé d'erreur sur les bits doit être $\leq 10^{-6}$ (valeur provisoire).

Quand les mesures du taux d'erreur sur les bits sont faites dans un canal B, une période de mesure d'au moins 15 minutes (valeur provisoire) est requise.

Les marges de performance sont déterminées dans chacun des modèles LLN. La définition d'une marge positive minimale de performance demande un complément d'étude. Cette définition est nécessaire pour tenir compte de l'affaiblissement supplémentaire LLN dû aux épissures et aux effets de l'environnement (par exemple, changements de température).

La spécification des séquences de données à utiliser pour la mesure demande un complément d'étude.

4.2.4.4 Bruit impulsif

Pour étude ultérieure.

4.2.4.5 Tensions longitudinales induites par les lignes électriques

Pour étude ultérieure.

5. Méthode de transmission

Le système de transmission assure la transmission duplex sur les lignes locales à 2 fils métalliques. La transmission duplex aura lieu grâce à l'emploi d'annuleurs d'écho (ECH) ou de multiplexage par compression dans le temps (MTC). Avec la méthode ECH, illustrée par la figure 14/G.961, l'annuleur d'écho fournit une réplique de l'écho du signal transmis et cette réplique est soustraite du total du signal reçu. L'écho est le résultat d'un équilibrage imparfait des discontinuités hybride et impédance dans la ligne.

Avec la méthode MTC ou méthode «mode salves» représentée à la figure 15/G.961, les transmission sur la LLN sont séparées dans le temps («salves»). Les blocs de bits (salves) sont alternativement envoyés dans chaque direction. Les salves passent par des mémoires tampons à chaque terminal émetteur-récepteur de façon que le train de bits, à l'entrée et à la sortie du terminal émetteur-récepteur MTC, demeure continuellement au débit binaire R. Sur la ligne, le débit binaire doit être supérieur à 2R afin qu'un intervalle de repos sépare les salves; cet intervalle étant à prévoir pour couvrir le temps de transmission et le temps d'inversion émetteur/récepteur (commutation de Sn et de Se dans la figure 15/G.961).

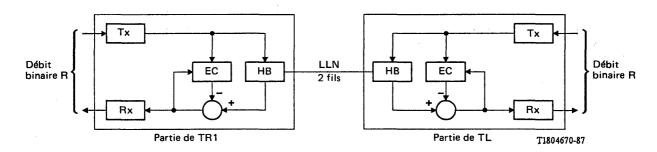
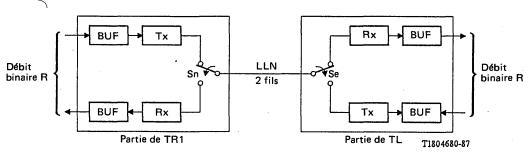


FIGURE 14/G.961

Diagramme fonctionnel, méthode ECH



Tx Emetteur Rx Récepteur

EC Annuleur d'écho

HB Hybride

BUF Mémoire tampon

FIGURE 15/G.961

Diagramme fonctionnel, méthode MTC

6 Activation/désactivation

6.1 Considérations générales

Les capacités fonctionnelles de la procédure activation/désactivation sont spécifiées dans la Recommandation G.960. Le système de transmission doit observer les conditions spécifiées dans ladite Recommandation. Il doit en particulier prendre des dispositions pour acheminer les signaux définis dans la Recommandation G.960, nécessaires au déroulement des procédures.

6.2 Représentation physique des signaux

Les signaux utilisés dans les systèmes de transmission numérique dépendent de ces systèmes. Ils sont décrits dans l'annexe A et dans les appendices à la présente Recommandation.

7 Exploitation et maintenance

7.1 Fonctions d'exploitation et de maintenance

Dans les systèmes de transmission numérique utilisant des lignes locales métalliques pour accès RNIS au débit de base, les fonctions d'exploitation et de maintenance mises en œuvre sont définies dans la Recommandation G.960.

7.2 Canal CL

7.2.1 Définition du canal CL

Ce canal est acheminé par le système de transmission numérique, dans les deux sens, entre TL et TR1. Il sert au transfert de l'information concernant l'exploitation, la maintenance et l'activation/désactivation du système de transmission numérique et de la section numérique.

7.2.2 Caractéristiques du canal CL

Pour étude ultérieure.

Le nombre minimal des fonctions (optionnelles ou facultatives) que doit permettre le canal CL est à l'étude.

7.3 Mode transfert des liaisons d'exploitation et de maintenance

Pour étude ultérieure.

8 Alimentation en énergie

8.1 Considérations générales

Le présent paragraphe traite de l'alimentation en énergie de TR1, d'un régénérateur (le cas échéant) et de la fourniture d'énergie à l'interface usager-réseau, conformément à la Recommandation I.430, dans des conditions normales ou réduites.

Lorsque les procédures d'activation/désactivation sont appliquées, les modes à puissance réduite à TR1, au régénérateur (le cas échéant) et à TL sont définies.

8.2 Options d'alimentation en énergie

On considère les options d'alimentation en énergie dans les conditions normales et dans les conditions réduites. A cette fin, une condition d'alimentation réduite est utilisable après une panne du secteur alternatif à l'emplacement de TR1.

- a) L'alimentation en énergie de TR1 dans les conditions d'alimentation normales sera assurée au moyen de l'une des options suivantes:
 - alimentation en énergie par le secteur alternatif;
 - alimentation à distance par le réseau (ou par un régénérateur, le cas échéant).

Dans les deux cas, TR1 peut fournir de l'énergie à l'interface usager-réseau, conformément à la Recommandation I.430. Cette énergie est dérivée du secteur alternatif ou fournie à distance par le réseau.

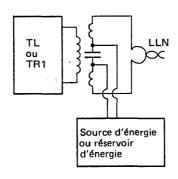
- b) L'alimentation en énergie de TR1 dans des conditions réduites, quand elle est assurée, emploie l'une ou l'autre des sources optionnelles suivantes:
 - batterie de réserve:
 - alimentation à distance par le réseau (ou par un régénérateur, le cas échéant).

Dans les deux cas, TR1 peut fournir de l'énergie à l'interface usager-réseau, conformément à la Recommandation I.430.

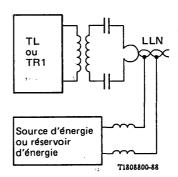
Le choix des options d'alimentation en énergie s'opère compte tenu des règlements nationaux.

8.3 Méthodes d'alimentation en énergie et de rétablissement de cette alimentation

Deux méthodes d'alimentation en énergie et de rétablissement de cette alimentation sont possibles; elles sont représentées à la figure 16/G.961.



a) Alimentation en énergie et rétablissement – mode série



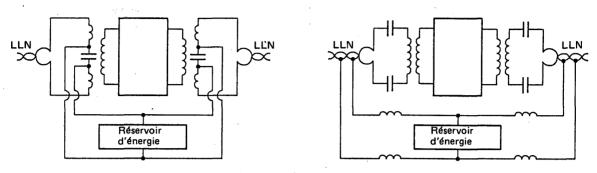
b) Alimentation en énergie et rétablissement – mode parallèle

FIGURE 16/G.961

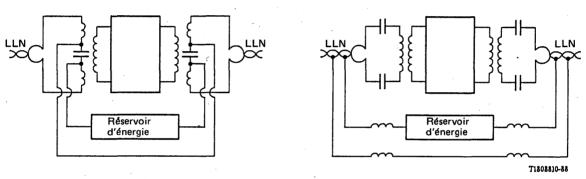
Méthodes d'alimentation en énergie et de rétablissement de cette alimentation

En l'absence de régénérateur sur la LLN entre la TL et la TR1, la source d'énergie peut être, dans les deux cas de la figure 16/G.961, une source à tension constante avec limitation de courant ou une source à courant constant avec limitation de tension.

En présence d'un régénérateur, les deux méthodes d'alimentation et de rétablissement de l'alimentation en énergie représentées à la figure 16/G.961 demeurent applicables. Toutefois, quand une source à tension constante est utilisée à TL, le réservoir d'énergie que constitue le régénérateur est connecté en parallèle à la LLN et quand une source à courant constant est utilisée à TL, le réservoir d'énergie que constitue le régénérateur est connecté en série à la LLN. La configuration résultante est représentée à la figure 17/G.961.



a) Alimentation en énergie du régénérateur dans le cas d'une source à tension constante à TL



b) Alimentation en énergie du régénérateur dans le cas d'une source à courant constant à TL

FIGURE 17/G.961

Alimentation en énergie du régénérateur

8.4 Résistance LLN

Ce paramètre est du ressort particulier du réseau local individuel et n'entre donc pas dans le cadre de la présente Recommandation. Sa valeur maximale dépend de la tension de sortie de TL, de la consommation d'énergie de TR1 et du régénérateur (le cas échéant) et de l'arrangement de l'alimentation en énergie pour l'interface usager-réseau.

8.5 Courant de veille

TR1 fournira une terminaison en continu pour permettre la circulation d'un courant de veille minimal (valeur à définir) y compris le mode à énergie réduite ou dans le cas d'une alimentation locale en énergie de TR1.

8.6 Aspects TL

Une limitation de courant pour la configuration «tension source» ou une limitation de la tension pour la configuration «courant source» est nécessaire. Les valeurs seront fixées compte tenu des publications pertinentes de la CEI et des règlements nationaux relatifs à la sécurité.

De courtes surcharges du courant d'alimentation sont tolérables (condition de charge du condensateur du convertisseur continu/continu dans TR1).

8.7 Conditions d'alimentation de TR1 et du régénérateur

8.7.1 Conditions d'alimentation de TR1

- a) état actif sans fourniture d'énergie à l'interface usager-réseau à définir;
- b) état actif, y compris fourniture d'énergie réduite à l'interface usager-réseau, comme le définit la Recommandation I.430: à définir:
- c) état actif, y compris fourniture normale d'énergie à l'interface usager-réseau, comme le définit la Recommandation I.430: à définir;
- d) mode alimentation réduite: à définir.

8.7.2 Caractéristiques d'alimentation du régénérateur

Pour étude ultérieure.

8.8 Limitation des transitoires de courant

La vitesse de variation du courant tiré du réseau par TR1 ou le régénérateur ne doit pas dépasser X mA/us. La valeur de X est à définir.

9 Conditions de l'environnement

9.1 Conditions climatiques

On trouve dans la Publication 721-3 de la CEI des climatogrammes applicables au fonctionnement des équipements TR1 et TL en des emplacements où ils sont protégés et en des emplacements où ils ne sont pas protégés contre les conditions climatiques. Le choix des classes s'opère à l'échelon national.

9.2 Protection

9.2.1 Isolation

On peut identifier une isolation en différents points de TR1:

- entre l'interface de ligne et le point de référence T;
- entre l'interface de ligne ou le point de référence T et le secteur alternatif (définition générale dans le guide 105 de la CEI et dans la Publication 950 de la CEI; les conditions d'essai peuvent cependant varier selon les pays);
- entre l'interface de ligne et la terre de protection de secteur alternatif.

9.2.2 Protection contre les surtensions

- conforme aux Recommandations K.12 et K.20 pour TL,
- conforme aux Recommandations K.12 et K.21 pour TR1.

9.3 Compatibilité électromagnétique

9.3.1 Vulnérabilité – Niveaux des émissions par rayonnement ou par conduction pour les équipements TL ou TR1

Dépasse le cadre de la présente Recommandation. Tenir compte de la Publication 22 du CISPR et des règlements nationaux.

9.3.2 Limitation de la puissance de sortie fournie à la ligne

Etant donné la valeur limitée de la perte par conversion longitudinale qui se produit aux hautes fréquences dans la ligne, ainsi que la limitation des rayonnements conforme à la Publication 22 du CISPR et aux règlements nationaux, la puissance de sortie sera limitée. Les valeurs spécifiques dépassent le cadre de la présente Recommandation.

ANNEXE A

(à la Recommandation G.961)

Structure générale d'un appendice traitant des caractéristiques électriques

A.0 Caractéristiques électriques

Bref aperçu du système de transmission numérique.

Remarque – La présente annexe est conçue comme un guide pour présenter la description des systèmes de transmission numérique et n'impose aucune contrainte aux systèmes pour lesquels elle sera utilisée.

A.1 Code en ligne

Dans les deux sens de transmission, le code en ligne est ... et le système de codage est ...

A.2 Débit de symboles

Le débit de symboles est déterminé par le code en ligne, le débit binaire du courant d'information et la structure de trame. Le débit de symboles est ... kbauds.

A.2.1 Précision des horloges

A.2.1.1 Précision de l'horloge TR1 non asservie

La précision de l'horloge non asservie dans TR1 sera de $\pm \dots 1 \cdot 10^{-6}$.

A.2.1.2 Tolérance applicable à l'horloge TL

TR1 et TL accepteront de TC une précision d'horloge de $\pm \dots 1 \cdot 10^{-6}$.

A.3 Structure de trame

La structure de trame contient un mot de trame, N fois (2B + D) et un canal CL.

Mot de trame	N fois (2B + D)	Canal CL

A.3.1 Longueur de trame

Dans une trame, le nombre N d'intervalles (2B + D) est ...

A.3.2 Répartition des bits dans la direction TL-TR1

La figure A-1/G.961 indique la répartition des bits.

A FOURNIR POUR CHAQUE CAS SPÉCIFIQUE

FIGURE A-1/G.961

Répartition des bits dans la direction TL-TR1

A.3.3 Répartition des bits dans la direction TR1-TL

La figure A-2/G.961 indique la répartition des bits.

A FOURNIR POUR CHAQUE CAS SPÉCIFIQUE

FIGURE A-2/G.961

Répartition des bits dans la direction TR1-TL

A.4 Mot de trame

Le mot de trame sert à attribuer les positions de bits aux canaux 2B + D + CL. Il peut cependant être utilisé pour d'autres fonctions.

A.4.1 Mot de trame dans la direction TL-TR1

Le code de mot de trame sera ...

A.4.2 Mot de trame dans la direction TR1-TL

Le code de mot de trame sera ...

- A.5 Procédure de verrouillage de trame
- A.6 Multitrame

Pour que la répartition des bits du canal CL s'effectue dans de plus nombreuses trames contiguës, on peut utiliser une structure de multitrame. Le début de la multitrame est déterminé par le mot de trame. Dans une multitrame, le nombre total des trames est de ...

A.6.1 Mot de multitrame dans la direction TR1-TL

La multitrame sera identifiée par ...

A.6.2 Mot de multitrame dans la direction TL-TR1

La multitrame sera identifiée par ...

A.7 Décalage de trame entre multitrame TL-TR1 et TR1-TL

TR1 synchronisera sa trame sur la trame reçue dans la direction TL-TR1 et transmettra sa trame avec un décalage.

- A.8 Canal CL
- A.8.1 Débit binaire
- A.8.2 Structure
- A.8.3 Protocoles et procédures
- A.9 Embrouillage

L'embrouillage sera appliqué aux canaux 2B + D et l'algorithme d'embrouillage sera le suivant:

- dans la direction TL-TR1;
- dans la direction TR1-TL.

A.10 Activation/désactivation

Description de la procédure activation/désactivation du système, y compris les options qui sont mises en œuvre et celles qui ne le sont pas.

Voir aussi le § 5 de la Recommandation G.960.

A.10.1 Signaux utilisés pour l'activation

Liste et définition des signaux utilisés pour activation/désactivation (SIG):

- signaux utilisés pour début (CL indisponible);
- bits dans le canal CL dans une trame déjà établie.

A.10.2 Définition des temporisateurs intérieurs

A.10.3 Description des procédures d'activation (fondée sur la séquence fléchée pour les cas exempts d'erreur)

- activation en provenance du côté réseau;
- activation en provenance du côté usager.

A.10.4 Tableau des transitions d'état TR1 en fonction de INFO, SIG, temporisateurs intérieurs

La description des boucles et des options qui peuvent être mises en œuvre est telle que la mise en œuvre minimale soit clairement identifiée.

A.10.5 Tableau des transitions d'état TL en fonction de EF, SIG, temporisateurs intérieurs

La description des boucles et des options qui peuvent être mises en œuvre est telle que la mise en œuvre minimale soit clairement identifiée.

A.10.6 Temps d'activation

Voir les § 5.5.1 et 5.5.2 de la Recommandation G.960.

A.11 Gigue

Le but des tolérances applicables à la gigue est de faire en sorte que les limites spécifiées dans la Recommandation I.430 soient observées grâce aux limites fixées à la gigue dans les systèmes de transmission sur lignes locales. Les limites de la gigue indiquées ci-après doivent être respectées quelle que soit la longueur de la ligne locale et qu'il y ait ou non inclusion d'un régénérateur, à condition que les caractéristiques du moyen de transmission leur conviennent (voir le § 3). Les limites doivent être observées quels que soient les schémas de bits dans les canaux B, D et CL.

A.11.1 Tolérance de gigue applicable aux signaux d'entrée TR1

La TR1 observera les objectifs de performance relatifs au dérapage/gigue aux valeurs maximales (J_1, J_2) indiquées à la figure A-3/G.961, pour les fréquences de la gigue simple allant de F_1 Hz à F_3 kHz ($F_3 = 1/4$ F_6 , $F_6 =$ fréquence du débit de symboles), superposées sur la source des signaux d'essai. TR1 observera aussi les objectifs de performance relatifs au dérapage par jour, jusqu'à ... IU crête à crête quand la vitesse minimale de variation de phase est ... IU/heure.

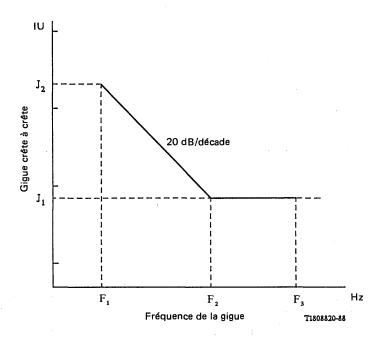
A.11.2 Limitations de la gigue à la sortie de TR1

Le dérapage et la gigue spécifiés au § A.11.1 étant superposés sur le signal d'entrée TR1, la gigue du signal transmis sur TR1 dans la direction du réseau sera conforme à ce qui suit:

- a) La gigue sera inférieure ou égale à ... IU crête à crête et inférieure à ... IU valeur efficace quand elle sera mesurée avec un filtre passe-haut à coupure progressive de 20 dB/décade au-dessous de M ⋅ F₂ Hz (M ≥ 1).
- b) La gigue de phase du signal de sortie, par rapport à la phase du signal d'entrée (en provenance du réseau), ne dépassera pas ... IU crête à crête ou ... IU valeur efficace quand elle sera mesurée avec un filtre passe-bande à coupure progressive de 20 dB/décade au-dessus de N · F₂ Hz (N ≥ 2) et de 20 dB/décade au-dessous de K · F₂ (F₂ << 1). Ces conditions sont applicables dans le cas d'une gigue superposée à la phase du signal d'entrée, comme il est spécifié au § A.11.1 pour les fréquences individuelles jusqu'à F₂ Hz.

A.11.3 Conditions d'essai pour la mesure de la gigue

Etant donné la transmission bidirectionnelle sur les 2 fils et l'important brouillage entre symboles, aucune transition de signal bien définie n'est disponible au point 2 fils TR1.



Remarque - Deux solutions possibles sont proposées:

- a) un point d'essai est prévu dans TR1 afin de mesurer la gigue sur un signal non perturbé;
- b) un émetteur-récepteur normalisé TL, comprenant une ligne locale artificielle, est défini comme instrument d'essai

FIGURE A-3/G.961

Gigue sur signal d'entrée TR1 - Minimum admissible

A.12 Caractéristiques de la sortie de l'émetteur de TR1 à TL

Les spécifications suivantes s'appliquent uniquement avec une impédance de charge de ...

A.12.1 Amplitude des impulsions

L'amplitude, de zéro à la valeur de crête nominale, de l'impulsion maximale sera de ... V et la tolérance sera de ... \pm ...%.

A.12.2 Forme des impulsions

La forme de l'impulsion sera conforme au gabarit d'impulsion de la figure ...

A.12.3 Puissance du signal

La puissance moyenne du signal sera comprise entre ... dBm et ... dBm.

A.12.4 Spectre de puissance

La limite supérieure de la densité spectrale de puissance ne dépassera pas les contours indiqués à la figure . . .

A.12.5 Non-linéarité des signaux de l'émetteur

Il s'agit d'une mesure de l'écart entre la hauteur idéale de l'impulsion et la non-linéarité de l'impulsion individuelle.

La méthode de mesure demande un complément d'étude.

A.13 Terminaison émetteur/récepteur

A.13.1 Impédance

Dans les directions respectives de TR1 ou de TL, l'impédance nominale entrée/sortie sera de ...

A.13.2 Affaiblissement d'adaptation

L'affaiblissement d'équilibrage de l'impédance sera plus prononcé que l'affaiblissement indiqué par les contours de la figure . . .

A.13.3 Perte par conversion longitudinale

La perte par conversion longitudinale sera la suivante:

... kHz ... dB

 $\dots kHz \dots dB$

APPENDICE I

(à la Recommandation G.961)

Caractéristiques électriques d'un système de transmission MMS 43

I.1 Code en ligne

Pour chaque direction de transmission, le code en ligne est un code d'état de surveillance modifié représentant 4 bits sous la forme de 3 symboles ternaires de niveaux +, 0 ou - (MMS 43). Le détail du plan de codage est donné à la figure I-1/G.961. A noter que les numéros figurant dans les colonnes de chacun des 4 alphabets S1 ... S4 sont ceux de l'alphabet à utiliser pour le codage du bloc de 4 bits qui suit. Les bits et les symboles de gauche sont ceux qui sont transmis ou reçus les premiers.

	S1	S2	S3	S4
0001	0 - + 1	0 - + 2	0 - + 3	0 - + 4
0111	- 0 + 1	- 0 + 2	- 0 + 3	-0+4
0100	- + 0 1	- + 0 2	- + 0 3	- + 04
0010	+ - 0 1	+ - 02	+ - 0 3	+ - 0 4
1011	+ 0 - 1	+ 0 - 2	+ 0 - 3	+ 0 - 4
1110	0 + - 1	0 + - 2	0 + -3	0 + - 4
	· 		_ 	
1001	+ - + 2	+ - + 3	+ - + 4	1
0011	$0 \ 0 + 2$	$0 \ 0 + 3$	$0 \ 0 + 4$	0 2
1101	0 + 0 2	0 + 0 3	0 + 0 4	- 0 - 2
1000	+ 002	+ 003	+ 004	0 2
0110	- + + 2	- + + 3	- + + 2	+ 3
1010	+ + - 2	+ + - 3	+ 2	+ 3
1111	+ + 0 3	0 0 - 1	$0 \ 0 - 2$	0 0 -3
0000	+ 0 + 3	0 - 0 1	0 - 02	0 - 0 3
0101	0 + + 3	- 001	- 002	- 003
1100	+ + + 4	- + - 1	- + - 2	- + - 3

Remarque - Un bloc ternaire reçu 000 est décodé en binaire 0000.

FIGURE I-1/G.961

Code MMS 43

I.2 Débit des symboles

Le débit des symboles est de 120 kbauds.

I.2.1 Spécifications relatives au rythme

I.2.1.1 Précision de l'horloge indépendante de TR1

La tolérance de l'horloge indépendante de TR1 est de ± 100 ppm.

I.2.1.2 Tolérance sur le rythme fourni à TL

La tolérance du signal de rythme fourni à TL est de ± 1 ppm.

I.3 Structure des trames

Chaque trame contient un mot de verrouillage de trame, des données 2B + D et le canal CL. Il n'est pas utilisé de multitrame.

I.3.1 Longueur des trames

Chaque trame a une longueur de 120 symboles ternaires et correspond à 1 ms. Chaque trame contient 108 symboles (correspondant à 144 bits) acheminant des données 2B + D.

I.3.2 Attribution des symboles dans la direction TL vers TR1

Dans la direction TL vers TR1, les 120 symboles de chaque trame sont utilisés comme suit:

- symboles 1 à 84:
- 2B + D;
- symbole 85:
- canal CL;
- symboles 110 à 120:
- mot de verrouillage de trame.

I.3.3 Attribution des symboles dans la direction TR1 vers TL

Dans la direction TR1 vers TL, la structure de la trame est identique à celle de la trame dans la direction inverse.

La trame émise par TR1 est synchronisée sur celle reçue de TL.

I.4 Mot de verrouillage de trame

I.4.1 Mot de verrouillage de trame dans la direction TL vers TR1

Le mot de verrouillage de trame dans la direction TL vers TR1 est:

+++--+-

I.4.2 Mot de verrouillage de trame dans la direction TR1 vers TL

Le mot de verrouillage de trame dans la direction TR1 vers TL est:

-+--+++

I.5 Procédure de verrouillage de trame

Le système de transmission est considéré comme synchrone si le mot de verrouillage de trame a été identifié dans la même position pendant 4 trames consécutives. On admet qu'il y a perte du synchronisme si la position détectée ne coïncide pas avec la position attendue pendant 60 ... 200 trames consécutives.

I.6 Multitrame

Les multitrames ne sont pas utilisées.

I.7 Décalage de trame à TR1

A TR1, le mot de verrouillage de trame transmis sur la ligne par TR1 intervient 60 ± symboles (0,5 ms) plus tard que celui qui a été reçu à l'entrée de TR1, la mesure commençant avec le premier symbole de chaque mot de verrouillage de trame.

I.8 Canal CL

I.8.1 Débit binaire

Le débit binaire du canal CL (voie de maintenance) est 1 kbit/s.

I.8.2 Structure

Aucune structure spécifique n'est définie pour les messages transparents.

I.8.3 Protocoles et procédures

Les messages transparents sur le canal CL utilisent les polarités «0» et «-» du symbole CL du signal en ligne. Les polarités «0» et «+» servent à demander une boucle 2B + D dans TR1 ou dans un répéteur intermédiaire. Une utilisation transparente du canal CL peut surclasser ces commandes de boucle.

1.9 Embrouillage

Afin de minimaliser la corrélation entre les symboles arrivants et les symboles transmis, on utilise l'embrouillage, qui n'est appliqué que sur les canaux 2B + D.

Le polynôme d'embrouillage n'est pas le même dans les deux directions TR1 vers TL et TL vers TR1:

- dans la direction TL vers TR1: $1 \oplus x^{-5} \oplus x^{-23}$

- dans la direction TR1 vers TL: $1 \oplus x^{-18} \oplus x^{-23}$

 \oplus étant la somme modulo deux et x^{-k} les données retardées par k intervalles de symboles.

I.10 Activation/désactivation

L'activation/désactivation doit permettre d'utiliser un état de coupure d'alimentation, notamment pour les applications dans lesquelles TR1 est alimentée à partir de TL par la ligne locale. L'activation à partir de l'état d'alimentation réduite peut être demandée par les deux extrémités à l'aide d'un signal en salve de 7,5 kHz. Les collisions sont résolues grâce à la durée et au rythme de répétition de ces salves.

Les procédures relatives au système de ligne viennent appuyer les procédures au point de référence T pour la commande des communications conformément à la Recommandation I.430 et l'action de formation de boucle 1 (dans TL), 1A (dans le régénérateur) et 2 (dans TR1) conformément à la Recommandation I.603. Les boucles sont transparentes.

Les temporisateurs 1 et 2 (définis dans la Recommandation I.430) sont situés comme suit:

- le temporisateur 1 dans la couche 1 TC ou dans TC,
- le temporisateur 2 dans TR1.

L'activation du système de ligne à des fins de maintenance, par exemple, pour la surveillance du taux d'erreur, est possible, même si aucun ET n'est connecté à l'interface au point de référence T.

La transmission d'INFO 2 à l'interface du point de référence T est déclenchée par la synchronisation du système de ligne dans la direction TL vers TR1.

I.10.1 Signaux utilisés pour l'activation

Les éléments de signaux suivants sont utilisés comme moyen de commander/indiquer la progression au cours de l'activation/désactivation sur la ligne locale:

SIG 0 TR1 vers TL et TL vers TR1

Pas de signal.

SIG 1W TR1 vers TL

Signal de réveil (tonalité de 7,5 kHz); indique à l'entité de couche 1 du commutateur local qu'elle doit passer à l'état alimentation en énergie et assurer l'activation du système de ligne et de l'interface au point de référence T.

Ce signal sert aussi à réveiller l'accusé de réception de SIG 2W.

SIG 2W TL vers TR1

Signal de réveil (tonalité de 7,5 kHz); indique à TR1 qu'elle doit passer à l'état d'alimentation en énergie et s'apprêter à une synchronisation sur un signal arrivant de TL. Ce signal sert aussi à réveiller l'accusé de réception de SIG 1W.

- SIG 1 TR1 vers TL
 Signal contenant une information de verrouillage de trame et permettant la synchronisation du récepteur dans TL. Il informe TL que TR1 s'est synchronisée sur SIG 2.
- SIG 2 TL vers TR1
 Signal contenant une information de verrouillage de trame et permettant la synchronisation du récepteur dans TR1.
- SIG 1A TR1 vers TL Signal similaire à SIG 1 mais sans information de verrouillage de trame.
- SIG 3

 TR1 vers TL

 Signal contenant une information de verrouillage de trame et permettant la synchronisation du récepteur dans TL. Il indique à TC que l'interface au point de référence T est synchronisée dans les deux directions de transmission (sauf dans le cas des boucles 2 et 1A).
- SIG 4H TL vers TR1
 Signal demandant à TR1 d'établir une totale capacité de transfert d'information de couche 1
 dans les deux directions de transmission.
- SIG 4 TL vers TR1
 Signal contenant une information de verrouillage de trame et des données d'exploitation sur les canaux B et D.
- SIG 5 TR1 vers TL
 Signal contenant une information de verrouillage de trame et des données d'exploitation sur les canaux B et D.
- SIG 2-L2 TL vers TR1
 Signal semblable à SIG 2, mais contenant une demande de boucle 2.
- SIG 4H-L2 TL vers TR1
 Signal demandant à TR1 d'actionner la boucle 2 et d'établir la capacité de transfert d'information de couche 1 dans la direction TL vers ET (boucle 2 transparente).
- SIG 4-L2 Signal semblable à SIG 4 mais contenant une demande de boucle 2.

Tous ces signaux, à l'exception de SIG 1W et SIG 2W sont des signaux continus. Les signaux de réveil SIG 1W et SIG 2W ne sont émis que pendant des durées spécifiées, mais ils peuvent être répétés s'il n'est pas reçu d'accusé de réception. Les temps de répétition sont spécifiés de manière à garantir un bon interfonctionnement avec la procédure normale d'activation.

Les demandes de boucle sont transmises par recours au canal CL. Aucun autre signal ne nécessite l'emploi du canal CL.

Le canal CL dispose de tous les SIG, exception faite de SIG 0, SIG 1W, SIG 2W et SIG 1A.

I.10.2 Définition des temporisateurs internes

Dans les tableaux de transition d'états et les diagrammes de fonctionnement, les temporisateurs internes suivants sont utilisés:

Tn1 = 13 ms: temporisateur supervisant la répétition du signal de réveil SIG 2W provenant de TL.

Tl1 = 7 ms: temporisateur supervisant la répétition du signal de réveil SIG 1W provenant de TR1.

Tl2 = 1 ms: temporisateur définissant la durée de SIG 4H et SIG 4H-L2.

Tl3 = 1 ms: temporisateur garantissant que, dans des conditions d'absence de défaillance, le PH-AI est transmis le premier dans ET, puis dans TL/TC, ce qui protège la première trame de couche 2 (couche 3 – message d'établissement du côté réseau).

T14 = 12 ms: temporisateur servant à lancer la transmission de SIG 2 lorsque le bouclage 1 est demandé.

T15 = 0.1...1 s: temporisateur supervisant la procédure de désactivation (dans TC).

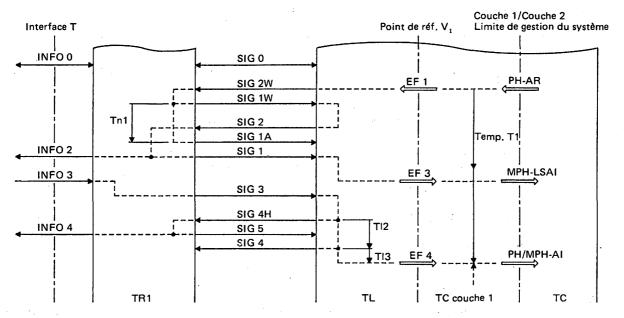
I.10.3 Description de la procédure d'activation

Les procédures d'activation/désactivation sont décrites à la figure I-2/G.961 dans le cas d'absence de défaillance.

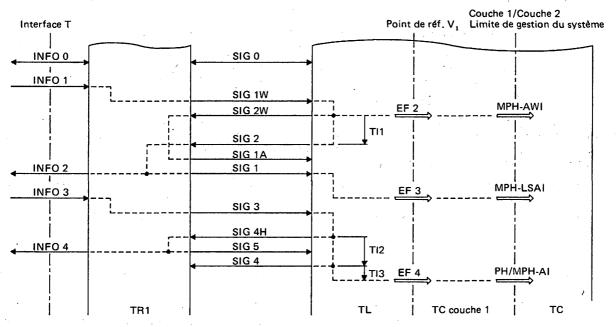
Le temporisateur T1 (situé dans la couche 1 TC) et le temporisateur T2 (situé dans TR1) sont conformes aux spécifications de la Recommandation I.430. Les éléments fonctionnels (EF) sont définis dans la Recommandation G.960, § 5.4.1.3, et les primitives le sont aux § 5.4.2.2 et 5.4.2.3 de la Recommandation G.960.

I.10.4 Tableau de transition des états de TRI

Le tableau de transition des états de TR1 est décrit au tableau I-1/G.961: les INFO(rmations) sur l'interface au point de référence T sont rattachées aux SIG(naux) sur le système de ligne et vice versa.



a) Activation à partir du côté réseau



b) Activation à partir du côté usager

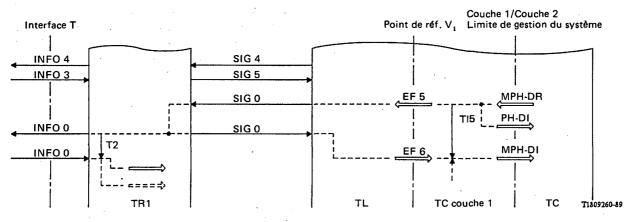


FIGURE I-2/G.961

Procédures d'activation/désactivation: diagrammes de fonctionnement (situation sans défaillance)

c) Désactivation

TABLEAU I-1/G.961

Tableau de transition de l'état de TR1

Etat	TR 1.1	TR 1.2	TR 1.3	TR 1.4	TR 1.5	TR 1.6	TR 1.7	TR 1.8	TR 1.9	TR 1.10	TR 2.1	TR 2.2
Signal émis	INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 2	INFO 2	INFO 4	INFO 0	INFO 2	INFO X (remarque 2)	INFO 2	INFO 4 (remarque 4)
Signal reçu	SIG 0	SIG 1W	SIG 1W	SIG 1A	SIG 1	SIG 3	SIG 5	SIG 0	SIG 5	SIG 0 (remarque 3)	SIG 3	SIG 5 (remarque 5)
INFO 0	_	_	_	_	_	_	TR 1.9	TR 1.1	_	_	_	_
INFO 1	TR 1.2	-	_	- .	_	<u> </u>	/	_	_	/		/
INFO 3	/	/	/	/	TR 1.6		_	_	TR 1.7	/	_	_
SIG 0	_	_	_	ST.T2; TR 1.8	ST.T2; TR 1.8	ST.T2; TR 1.8	ST.T2; TR 1.8	_	ST.T2; TR 1.8	ST.T2; TR 1.8	ST.T2; TR 1.8	ST.T2; TR 1.8
SIG 2W	ST.Tn1; TR 1.3	TR 1.4	/	/	/	/	/	-	/	/	/	/
SIG 2	/	_	_	TR 1.5	_	_	/	/	/	/	TR 1.6 ou –	/
SIG 4H	/	. /	/	/	/	TR 1.7	_	/	/	/	TR 1.7	1
SIG 4	/	/	/	/	1	/	-	/	_		/	TR 1.7
Exp. de T2 (remarque 1)	-	_	_	_	_	· -	_	TR 1.1		_	_	_
Perte de verrouillage de trame interface T		/ -	/	1	/		TR 1.9	_	_	-	/	/
Perte de verrouillage de trame système en ligne	/	. /	,	/	TR 1.10	TR 1.10	TR 1.10	. /	TR 1.10	-	TR 1.10	TR 1.10
Exp. du temporisateur interne Tn1	. /	/	TR 1.4	/	./	/	· /	/	/	/	/	/

Etat	TR 1.1	TR 1.2	TR 1.3	TR 1.4	TR 1.5	TR 1.6	TR 1.7	TR 1.8	TR 1.9	TR 1.10	TR 2.1	TR 2.2
Signal émis	INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 2	INFO 2	INFO 4	INFO 0	INFO 2	INFO X (remarque 2)	INFO 2	INFO 4 (remarque 4)
Signal reçu	SIG 0	SIG 1W	SIG 1W	SIG 1A	SIG 1	SIG 3	SIG 5	SIG 0	SIG 5	SIG 0 (remarque 3)	SIG 3	SIG 5 (remarque 5)
SIG 2-L2	/	-	. –	TR 2.1	TR 2.1 ou –	TR 2.1 ou –	1 .		/	/	. · ·	/
SIG 4H-L2	/	. /	/	1	/	TR 2.2	_	1 .	1.	/	TR 2.2	_
SIG 4-L2	/ .	/	1	/	1	1	TR 2.2	1.	TR 2.2	TR 2.2	. / .	

⁻ Aucun changement d'état.

ST.Tx; TR y Déclencher le temporisateur x; passer à l'état TR y.

Remarque 1 - Temporisateur T2 défini dans la Recommandation I.430.

Remarque 2 - INFO X: signal ne contenant pas d'information de verrouillage de trame, c'est-à-dire de ZÉRO binaire.

Remarque 3 — Tout autre signal produisant une indication d'erreur sur le côté TL est admis, en particulier un signal de perte de verrouillage de trame ou un signal indiquant un taux d'erreur excessif.

Remarque 4 – Le bit Echo-D est mis à la valeur ZÉRO binaire.

Remarque 5 - Les canaux B et D sont mis en boucle sur le côté réseau.

[/] Impossible selon la définition des procédures de couche physique d'égal à égal ou pour des raisons internes propres au système.

Les états suivants sont utilisés:

- TR 1.1 Etat désactivé (mode faible consommation d'énergie). Aucun signal n'est transmis.
- TR 1.2 TR1 émet le signal de réveil SIG 1W vers TL après réception d'INFO 1 en provenance du côté usager, et attend la réception du signal d'accusé de réception de réveil SIG 2W de TL.
- TR 1.3 A la réception du signal de réveil SIG 2W, TR1 répond par l'envoi de SIG 1W et commence à transmettre SIG 1A à l'expiration du temporisateur Tn1, à moins qu'il ne reçoive un nouveau signal de réveil SIG 2W en provenance de TL.
- TR 1.4 Après la fin de la procédure de réveil, TR1 attend que SIG 2 synchronise son récepteur.
- TR 1.5 Le récepteur côté réseau est synchronisé. TR1 envoie SIG 1 vers TL et INFO 2 sur le côté usager afin de déclencher l'activation de l'interface au point de référence T. Il attend la réception d'INFO 3.
- TR 1.6 L'interface au point de référence T est synchronisée dans les deux directions de transmission. TR1 envoie SIG 3 vers TL et attend la réception de SIG 4H.
- TR 1.7 TR1 est pleinement active et envoie INFO 4 sur le côté usager et SIG 5 vers TL. Les canaux B et D sont opérationnels.
- TR 1.8 Attente de l'état de désactivation. TR1 envoie INFO 0 sur le côté usager pour désactiver l'interface au point de référence T et SIG 0 vers TL. Elle attend la réception d'INFO 0 ou l'expiration du temporisateur T2 pour passer à l'état TR 1.1.
- TR 1.9 Cet état fait suite à une perte du signal ou à une perte du verrouillage de trame à l'interface au point de référence T. Aucune indication n'est donnée à TL, conformément à la remarque 3 du tableau 4/I.430.
- TR 1.10 Cet état fait suite à une perte du verrouillage de trame côté ligne. Une indication est transmise sur le côté usager (INFO X) et sur le côté réseau (SIG 0).

Les états suivants appuient l'activation en cas de demande de boucle 2:

- TR 2.1 Le récepteur sur le côté réseau est synchronisé. TR1 envoie SIG 3 à TL et INFO 2 sur le côté usager (boucle transparente). Elle attend la réception de SIG 4H-L2 en provenance de TL.
- TR 2.2 TR1 est pleinement active et envoie INFO 4 sur le côté usager (boucle transparente) et SIG 5 vers TL. La boucle 2 est mise en place et les données 2B + D reçues sont renvoyées à TL.

I.10.5 Tableau de transition des états de TL

Le tableau de transition des états de TL est décrit au tableau I-2/G.961. Les SIG(naux) du système de ligne étant reliés aux éléments fonctionnels (EF) au point de référence V₁.

Les états suivants sont utilisés:

- TL 1.1 Etat désactivé. Aucun signal n'est transmis.
- TL 1.2 A réception du signal de réveil SIG 1W, TL répond par l'envoi de SIG 2W et commence à émettre SIG 2 à l'expiration du temporisateur Tl1, à moins qu'un nouveau signal de réveil SIG 1W ne soit reçu de TR1.
- TL 1.3 TL envoie le signal SIG 2W vers TR1 à réception de EF 1 et attend le signal d'accusé de réception de réveil SIG 1W de TR1.
- TL 1.4 TL envoie SIG 2 vers TR1 et attend l'arrivée de SIG 1 ou de SIG 3 pour synchroniser son récepteur. Lorsque TL est synchronisée et a détecté SIG 1, elle émet EF 3.
- TL 1.5 Le système de transmission en ligne est synchronisé dans les deux directions de transmission. TL attend la réception de SIG 3.
- TL 1.6 Le système de transmission en ligne et l'interface au point de référence T sont synchronisés dans les deux directions de transmission. TL envoie SIG 4H jusqu'à l'expiration du temporisateur Tl2.
- TL 1.7 Etat pleinement actif. TL envoie SIG 4 vers TR1 et émet EF 4. Les canaux B et D sont pleinement opérationnels.
- TL 1.8 Dans l'attente de l'état de désactivation, TL envoie SIG 0 vers TR1 afin de désactiver le système de ligne et l'interface au point de référence T. TL attend la réception de SIG 0 pour passer à l'état TL 1.1 et pour émettre EF 6.

TABLEAU I-2/G.961

Tableau de transition des états de TL

Etat	TL 1.1	TL 1.2	TL 1.3	TL 1.4	TL 1.5	TL 1.6	TL 1.7	TL 1.8	TL 2.1	TL 2.2	TL 2.3	TL 2.4
Signal émis Signal reçu	SIG 0	SIG 2W	SIG 2W	SIG 2	SIG 2	SIG 4H	SIG 4	SIG 0	SIG 2W	SIG 2	SIG 4H	SIG 4
EF 1	TL 1.3	_	_		-	_	_			_	_	_
EF 5	:	TL 1.8	TL 1.8	TL 1.8	TL 1.8	TL 1.8	TL 1.8	. -	TL 1.8	TL 1.8	TL 1.8	TL 1.8
SIG 0	_	_	_	_	EF 7; -	EF 7;	EF 7;	EF 6; TL 1.1	_	_	_	_
SIG 1W	ST.Tl1, EF 2; TL 1.2	:	TL 1.4	/	/	/	/	-	-	/	,	/
SIG 1	/	/	. /	EF 3; TL 1.5	_	/	. /	_	/	_	-	_
SIG 3	/	/	/	ST.Tl2; TL 1.6	ST.Tl2; TL 1.6	_			/	<u>.</u>	-	
Exp. de temporisateur interne Tl1	-	TL 1.4		-	-	-	_		-	-	-	_
Exp. de temporisateur interne Tl2	-	_	. · · <u>-</u>	-	-	EF 7; TL 1.4	I	-	Г	_	EF 4; TL 2.4	_
Perte de verrouillage de trame système en ligne	/	/	./	/	EF 7;	EF 7; -	EF 7; -	_	/		/	/

TABLEAU I-2/G.961 (suite)

Etat	TL 1.1	TL 1.2	TL 1.3	TL 1.4	TL 1.5	TL 1.6	TL 1.7	TL 1.8	TL 2.1	TL 2.2	*TL 2.3	TL 2.4
Signal émis Signal reçu	SIG 0	SIG 2W	SIG 2W	SIG 2	SIG 2	SIG 4H	SIG 4	SIG 0	SIG 2W	SIG 2	SIG 4H	SIG 4
EF 4	ST.Tl4; TL 2.1	_	TL 2.2 ou –	TL 2.2 ou –	TL 2.2	_	. –	TL 2.1	:	:	:	:
Exp. de temporisateur interne Tl4	_	_	_		_	_	-	_	TL 2.2	_		-
Synch. reçu sur signal de boucle b	/	/	1	-		_	_	_	/	ST.Tl2; TL 2.3	-	· <u> </u>

- Aucun changement d'état.
- / Impossible selon la définition des procédures de couche physique d'égal à égal ou pour des raisons internes propres au système.
- : Impossible selon la définition de la couche physique.
- a, b; TL x Exécuter une action/émettre un message a et b; passer à l'état TLk x.
- ST.Tlx Déclencher le temporisateur Tlx.

Les états suivants viennent appuyer l'activation en cas de demande de boucle 1:

- TL 2.1 TL émet le signal de réveil SIG 2W vers TR1 (boucle transparente) après avoir reçu EF 9 et elle commence à émettre SIG 2 à l'expiration du temporisateur Tl4.
- TL 2.2 TL a mis en œuvre la boucle 1 et synchronise son récepteur sur le signal renvoyé en boucle.
- TL 2.3 TL émet SIG 4H jusqu'à l'expiration du temporisateur Tl2.
- TL 2.4 TL est pleinement active et envoie SIG 4 vers TR1 (boucle transparente). La boucle 1 est mise en œuvre.

Le tableau de transition des états TL n'est pas affecté par les demandes de boucle 2 et 1A. Les signaux de commande correspondants sont transférés par les canaux C_{V1} et CL.

I.10.6 Temps d'activation

Les temps d'activation sont définis au § 5.5 de la Recommandation G.960:

- a) Temps maximal d'activation dans le cas où l'activation succède immédiatement à une désactivation:
 - sans régénérateur: 210 ms
 - avec régénérateur: 420 ms.
- b) Temps maximal d'activation succédant à la mise sous tension de la ligne:
 - sans régénérateur: 1,5 s
 - avec régénérateur: 3 s

I.11 Gigue

Les tolérances relatives à la gigue doivent garantir que la limite maximale de gigue sur le réseau (voir la Recommandation G.823) n'est pas dépassée.

De plus, les limites stipulées dans la Recommandation I.430 doivent être respectées par les limites de gigue du système de transmission sur les lignes locales.

Les limites de gigue mentionnées ci-dessous doivent être observées quels que soient la longueur de la ligne locale et le nombre éventuels de répéteurs, à condition d'être couvertes par les caractéristiques du moyen de transmission (voir le § 3). Ces limites doivent être observées quel que soit le signal transmis. Une séquence d'essai appropriée doit faire l'objet d'études complémentaires (voir la Recommandation G.823, § 4).

I.11.1 Limites de la gigue maximale admissible à l'entrée

L'amplitude de la gigue à l'entrée de TR2 doit être limitée par le gabarit de la figure I-3/G.961.

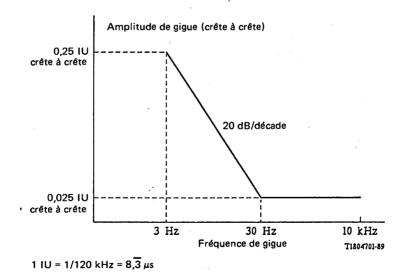


FIGURE I-3/G.961

Gigue sinusoïdale maximale admissible

I.11.2 Gigue à la sortie de TR1 en l'absence de gigue à l'entrée

Lorsqu'elle est mesurée avec un filtre passe-haut avec une fréquence de coupure à 30 Hz, la gigue à la sortie de TR1 ne doit pas dépasser 0,02 IU crête à crête. En l'absence de filtre, elle ne doit pas dépasser 0,1 IU crête à crête.

I.11.3 Gigue d'extraction du rythme

La gigue à la sortie de TR1 doit être très proche de la gigue d'entrée. En conséquence, la fonction de transfert de la gigue de TR1 doit être inférieure à ± 1 dB entre 3 Hz et 30 Hz.

I.11.4 Conditions à observer pour la mesure de la gigue

Nécessitent des études complémentaires.

I.12 Caractéristiques de sortie de l'émetteur

I.12.1 Amplitude des impulsions

L'amplitude d'une impulsion isolée émise doit être de 2 V \pm 0,2 V avec une impédance de charge de 150 ohms.

I.12.2 Forme des impulsions

La forme d'une impulsion isolée émise doit être adaptée au gabarit de la figure I-4/G.961.

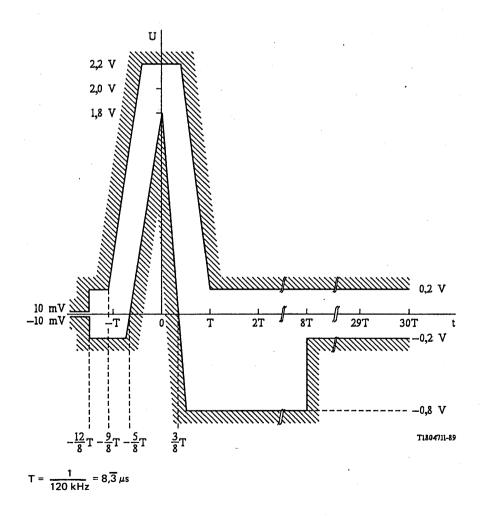


FIGURE I-4/G.961

Gabarit d'une impulsion isolée à l'émission

I.12.3 Puissance du signal

Cette puissance n'est pas spécifiée.

I.12.4 Spectre de puissance

La limite supérieure de la densité spectrale de puissance doit être conforme à la figure I-5/G.961.

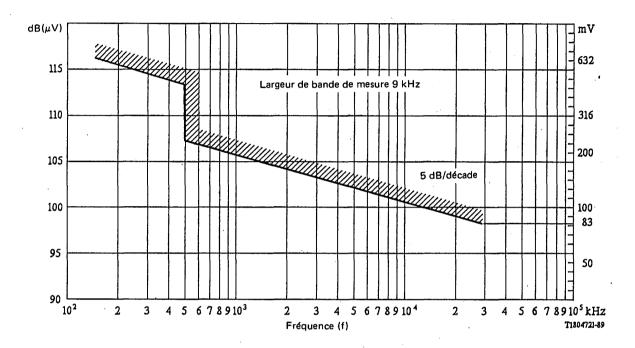


FIGURE I-5/G.961
Limites du spectre de la puissance émise

I.12.5 Non-linéarité du signal de l'émetteur

Cette non-linéarité n'est pas spécifiée.

I.13 Terminaison émetteur/récepteur

I.13.1 Impédance

L'impédance nominale entrée/sortie de TR1 et de TL est de 150 ohms.

I.13.2 Affaiblissement d'équilibrage

L'affaiblissement d'équilibrage par rapport à une impédance de 150 ohms ± 1%, mesurée pour TR1 ou pour TL, doit dépasser les limites indiquées à la figure I-6/G.961.

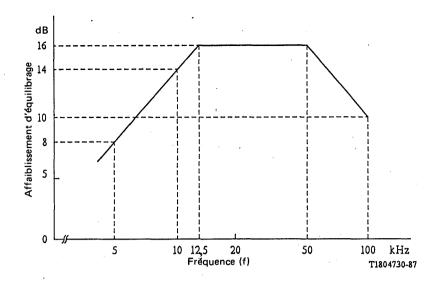


FIGURE I-6/G.961

Affaiblissement d'équilibrage de TR1 et de TL

I.13.3 Affaiblissement de conversion longitudinale

L'affaiblissement de conversion longitudinale à l'interface de la ligne pour TL comme pour TR1 doit dépasser les limites indiquées à la figure I-7/G.961.

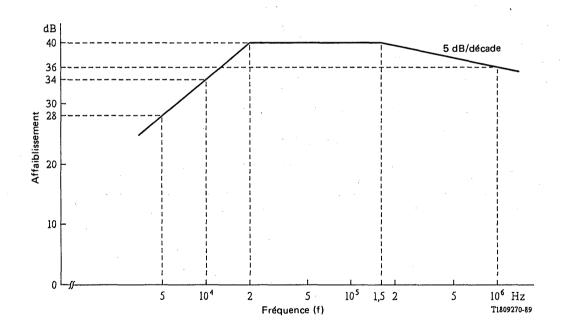


FIGURE I-7/G.961

Affaiblissement de conversion longitudinale

APPENDICE II

(à la Recommandation G.961)

Caractéristiques électriques d'un système de transmission 2B1Q

II.1 Code en ligne

Le code en ligne est le code 2B1Q (2 binaire, 1 quaternaire). Il s'agit d'un code à 4 niveaux utilisé sans redondance.

Le train de bits qui entre dans TR1 en provenance de l'interface au point de référence T (ou dans TL en provenance de TC) doit être groupé par paires de bits aux fins de conversion en symboles quaternaires appelés quats. La figure II-1/G.961 montre le rapport des bits dans les canaux B et D aux quats. Les bits des canaux B et D sont embrouillés avant codage. Les bits M_1 à M_6 du canal CL sont aussi réunis par paires, codés et embrouillés de façon identique.

	Temps →								
Données		. Ε	3 ₁			E	\mathbf{B}_{2}		D .
Paire de bits	b ₁₁ b ₁₂	b ₁₃ b ₁₄	b ₁₅ b ₁₆	b ₁₇ b ₁₈	b ₂₁ b ₂₂	b ₂₃ b ₂₄	b ₂₅ b ₂₆	b ₂₇ b ₂₈	$d_1 d_2$
N° de quats (relatif)	q 1	q ₂	q ₃	<i>q</i> ₄	q ₅	q ₆	97	<i>q</i> ₈	q 9
N° de bits			3	L			8		2
N° de quats		4	4				4		1

- b₁₁ Premier bit de l'octet B₁ tel qu'il est reçu au point de référence T
- b₁₈ Dernier bit de l'octet B₁ tel qu'il est reçu au point de référence T
- b21 Premier bit de l'octet B2 tel qu'il est reçu au point de référence T
- b₂₈ Dernier bit de l'octet B₂ tel qu'il est reçu au point de référence T
- d₁d₂ Bits consécutifs du canal D
 - (d₁ est le premier bit de la paire telle qu'elle est reçue au point de référence T)
- q₁ ième quat par rapport au début du domaine donné de données 2B + D de 18 bits

Remarque - Il y a 12 domaines 2B + D de 18 bits par trame de base de 1,5 ms.

FIGURE II-1/G.961

Codage 2B1Q de domaines 2B + D

Chaque paire successive de bits embrouillés dans le train de données binaires est convertie en un symbole quaternaire pour être émis par les émetteurs selon qu'il est spécifié ci-dessous.

	Premier bit (signe)	Second bit (grandeur)	Symbole quaternaire (quat)
	1	0	+ 3
,	1	1	+ 1
	0	4 11	- 1
	0	0 11	- 3
		:	

Au récepteur, chaque symbole quaternaire est converti en une paire de bits par inversion du tableau ci-dessus, désembrouillé et un train de bits représentant les canaux B et D et un canal CL contenant des bits M pour la maintenance et d'autres fins est resconstitué. Les bits des canaux B et D sont placés dans leur ordre correct par inversion des relations indiquées à la figure II-1/G.961.

II.2 Débit de la ligne en bauds

Le débit des symboles sur la ligne est de 80 kbauds.

II.2.1 Tolérance sur le rythme

II.2.1.1 Tolérance sur le rythme de TR1

La tolérance sur le rythme de l'horloge indépendante de TR1 est de ± 100 ppm.

II.2.1.2 Tolérance sur le rythme de TL

La tolérance sur le rythme fourni à TL est de ± 5 ppm.

II.3 Structure de trame

Une trame compte 120 symboles quaternaires transmis pendant un intervalle nominal de 1,5 ms. Chaque trame contient un mot de verrouillage de trame, des données 2B + D et des bits du canal CL, comme indiqué à la figure II-2/G.961.

			← 1,5 ms →					
	Trame	MVT/MVTI	12 × (2B + D)	CL				
	Fonction	Mot de verrouillage de trame	2B + D	Supplémentaires				
	N° des quats	9	108	3				
	Position des quats	1-9	10-117	118-120				
•	N° des bits	18	216	6				
	Position des bits	1-18	19-234	235-240				

quat	Symbole quaternaire = 1 baud				
-3, -1, +1, +3	Noms de symboles		.		
2B + D	Canaux de données d'usager B ₁ , B ₂ et D	• 1,			. •
MVT	Mot de verrouillage de trame (code de 9 syn	nboles) =	+3 +3 -3 -3	-3 + 3 - 3 + 3 + 3	
MVTI	Mot de verrouillage de trame inversé (ou con	mplémenta	aire) = -3 - 3 + 3	+3 +3 +3 -3 +3	-3 -3
CL	Bits de canaux M, M_1 à M_6				

Remarque — Dans la direction TR1 vers réseau, les trames sont décalées de 60 ± 2 quats par rapport aux trames dans la direction réseau vers TR1.

FIGURE II-2/G.961

Structure de trame du système de transmission 2B1Q

II.3.1 Longueur d'une trame

Une trame contient 12 intervalles 2B + D, chaque intervalle comptant 18 bits.

II.3.2 Attribution des bits dans la direction TL vers TR1

L'attribution des bits d'une trame est indiquée aux figures II-1/G.961 et II-2/G.961.

II.3.3 Attribution des bits dans la direction TR1 vers TL

Voir le § II.3.2.

II.4 Mot de verrouillage de trame (MVT)

Le mot de verrouillage de trame sert à attribuer les positions de bits aux canaux B, D et CL. Il peut aussi être utilisé pour la synchronisation des bauds.

II.4.1 Mot de verrouillage de trame dans la direction TL vers TR1

Le code à appliquer au mot de verrouillage de trame dans toutes les trames, exception faite de la première trame d'une multitrame est:

$$MVT = +3+3-3-3-3+3-3+3+3$$

Le code à appliquer au mot de verrouillage de trame de la première trame d'une multitrame est un mot de verrouillage de trame inversé (MVTI):

$$MVTI = -3-3+3+3+3+3+3-3+3-3-3$$

II.4.2 Mot de verrouillage de trame dans la direction TR1 vers TL

Voir le § II.4.1.

II.5 Procédure de verrouillage de trame

Cette procédure n'est pas spécifiée.

II.6 Multitrame

Pour permettre l'attribution des bits du canal CL sur plus d'une trame, on utilise une multitrame. Le début d'une multitrame est déterminé par le mot de verrouillage de trame inversé. Le nombre de trames contenu dans une multitrame est égal à huit.

II.6.1 Mot de verrouillage de multitrame dans la direction TR1 vers TL

Voir le § II.4.1.

II.6.2 Mot de verrouillage de multitrame dans la direction TL vers TR1

Voir le § II.4.1.

II.7 Décalage de trame entre trames dans la direction TL-TR1 et trames dans la direction TR1-TL

TR1 synchronise les trames émises sur les trames reçues (direction TL vers TR1). Les trames émises sont décalées par rapport aux trames reçues de 60 ± 2 quats (c'est-à-dire d'environ 0,75 ms).

II.8 Canal CL

II.8.1 Débit binaire

Le débit binaire du canal CL est de 4 kbit/s.

II.8.2 Structure

Quarante-huit bits d'une multitrame sont utilisés pour le canal CL et sont appelés bits M.

Vingt-quatre bits par multitrame (2 kbit/s) sont attribués à une voie d'exploitation incorporée (VEI) qui appuie les besoins de communication d'exploitation entre le réseau et TR1.

Douze bits par multitrame (1 kbit/s) sont attribués à une fonction de contrôle de redondance cyclique (CRC).

Douze bits par multitrame (1 kbit/s) sont attribués à d'autres fonctions et peuvent servir de bits de réserve comme l'indique la figure II-3/G.961.

								•	
		Verrouillage de trame	2B + D		Bits M ₁	– M _r CL	(suppléme	ntaires)	
	Positions quat	1-9	10-117	118s	118m	119s	119m	120s	120m
	Positions bit	1-18	19-234	235	236	237	238	239	240
Multi- trame n°	Trame de base n°	Mot de verrouillage de trame	2B + D	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆
				. 7	L à TR1				-
Α	1	M√TI	2B + D	VEI _{a1}	VEI _{a2}	VEI _{a3}	ACT	1	1
	2	MVT	2B + D	VEI _{dm}	VEI _{i1}	VEI _{i2}	DEA	1	EBED
	3	MVT	2B + D	VEI _{i3}	VEI _{i4}	VEI _{i5}	1	CRC ₁	CRC₂
	4	MVT	2B + D	VEI _{i6}	VEI _{i7}	VEI _{i8}	1	CRC ₃	CRC₄
	5	MVT	2B + D	VEI _{a1}	VEI _{a2}	VEI _{a3}	1	CRC₅	CRC ₆
	6	MVT	2B + D	VEI _{dm}	VEI _{i1}	VEI _{i2}	1	CRÇ ₇	CRC ₈
	7	MVT	2B + D	VEI _{i3}	VEI _{i4}	VEI _{i5}	1	CRC ₉	CRC ₁₀
	8	MVT	2B + D	VEI _{i6}	VEI _{i7}	VEI _{i8}	1	CRC ₁₁	CRC ₁₂
В, С,							•		
				٦	ΓR1 à TL				
1	1	MVTI	2B + D	VEI _{a1}	VEI _{a2}	VEI _{a3}	ACT	1	1
	2	MVT	2B + D	VEI _{dm}	VEI _{i1}	VEI _{i2}	PS ₁	1	EBED
	3	MVT	2B + D	VEI _{i3}	VEI _{i4}	VEI _{i5}	PS ₂	CRC ₁	CRC₂
Ī	4	MVŤ	2B + D	VEI _{i6}	VEI _{i7}	VEI _{i8}	NTM	CRC₃	CRC₄
	5	MVT	2B + D	VEI _{a1}	VEI _{a2}	VEI _{a3}	DFE	CRC₅	CRC ₆
	6	MVT	2B + D	VEl _{dm}	VEI _{i1}	VEI _{i2}	1	CRC ₇	CRC ₈
	7.	MVT	2B + D	VEI _{i3}	VEI _{i4}	VEI _{i5}	1	CRC ₉	CRC ₁₀
	8	MVT	2B + D	VEI _{i6}	VEI _{i7}	VEI _{i8}	1	CRC ₁₁	CRC ₁₂
2, 3,									

Réserve = bit pour normalisation future; mis à UN

VEI Voie d'exploitation incorporée

a Bit d'adresse

dm Indicateur de données/de message i Information (données/message)

MVT Mot de verrouillage de trame

MVTI Mot de verrouillage de trame inversé

Bit de signe (premier bit) d'un quat

m Bit de grandeur (deuxième bit) d'un quat

ACT Bit d'activation (mis à UN pendant l'activation)

PS₁, PS₂ Bits d'état d'alimentation (mis à ZÉRO pour indiquer une difficulté en ce domaine)

NTM Bit de mode d'essai de TR1 (mis à ZÉRO pour indiquer le mode d'essai)

DFE Bit de démarrage à froid exclusivement (mis à ZÉRO pour indiquer le démarrage à froid exclusivement)

CRC Contrôle de redondance cyclique: couvre 2B + D et M4

Bit le plus significatif
 Bit significatif suivant

etc.

DEA Bit de désactivation (mis à ZÉRO pour annoncer la désactivation)

EBED Bit d'erreur sur un bloc à l'extrémité distante (mis à ZÉRO pour une multitrame erronée)

Remarque I — Dans la direction TR1 vers réseau, les multitrames sont décalées de 60 ± 2 quats (0,75 ms environ) par rapport aux multitrames dans la direction réseau vers TR1. Tous les bits autres que ceux du mot de verrouillage de trame sont embrouillés.

Remarque 2 - 8 \times trames de base de 1.5 ms \rightarrow multitrame de 12 ms.

FIGURE II-3/G.961

Technique de multitrame 2B1Q et assignation des bits supplémentaires

II.8.3 Protocole et procédures

Les fonctions du canal CL (bits M) spécifiées ci-dessous sont fondées sur l'attribution des bits de la multitrame définie à la figure II-3/G.961.

II.8.3.1 Fonction de surveillance des erreurs

II.8.3.1.1 Contrôle de redondance cyclique (CRC)

Les bits CRC sont les bits M₅ et M₆ des trames 3 à 8 de la multitrame. Le CRC est un code de détection d'erreur qui doit être généré à partir des bits appropriés de la multitrame et inséré dans le train de bits par l'émetteur. Au récepteur, un CRC calculé à partir des mêmes bits est comparé avec la valeur de CRC reçue dans le train de bits. Si les deux valeurs diffèrent, il y a au moins une erreur dans les bits couverts par le contrôle dans la multitrame.

II.8.3.1.2 Algorithmes CRC

Le code de contrôle de redondance cyclique (CRC) est calculé à l'aide du polynôme:

$$P(x) = x^{12} \oplus x^{11} \oplus x^3 \oplus x^2 \oplus x \oplus 1$$

dans lequel

 \oplus = sommation modulo 2.

La figure II-4/G.961 illustre une méthode permettant de générer le code CRC pour une multitrame donnée. Au début d'une multitrame, toutes les cellules d'enregistreur sont vidées. Les bits de verrouillage de multitrame qui doivent être couverts par le CRC sont alors rythmés et introduits dans le générateur à partir de la gauche. Pendant les bits qui ne sont pas couverts par le CRC (MVT, MVTI, M₁, M₂, M₃, M₅ et M₆), l'état du générateur de CRC est gelé et il n'y a aucun changement d'état dans aucune des phases. Une fois que le dernier bit de verrouillage de multitrame devant être couvert par le CRC a été introduit dans la cellule d'enregistreur 1, les 12 cellules d'enregistreur contiennent le code CRC de la multitrame suivante. Entre ce point et le début de la multitrame suivante, le contenu des cellules d'enregistreur est stocké pour transmission dans le domaine CRC de la multitrame suivante. A noter que le bit de verrouillage de multitrame CRC1 réside dans la cellule d'enregistreur 12, CRC2 dans la cellule d'enregistreur 11, et ainsi de suite.

Remarque — Les UN et les ZÉRO binaires venant de l'interface au point de référence T et les bits correspondants provenant du réseau (par le point de référence V_1) doivent être traités respectivement comme des UN et des ZÉRO binaires aux fins du calcul du CRC.

II.8.3.1.3 Bits couverts par le CRC

Les bits CRC doivent être calculés à partir des bits du canal D, des deux canaux B et des bits M4.

II.8.3.2 Autres fonctions des bits M

Un certain nombre d'opérations de l'émetteur-récepteur et de fonctions de maintenance est assuré par les bits M_4 , M_5 et M_6 dans la multitrame. Ces bits sont définis dans les paragraphes qui suivent.

II.8.3.2.1 Bit d'erreur de bloc à l'extrémité distante (EBED)

Un seul bit de chaque multitrame est attribué au transport du bit d'erreur de bloc à l'extrémité distante (bit EBED). Ce dernier est mis à UN s'il n'y a pas d'erreur CRC dans la multitrame, et à ZÉRO si la multitrame contient une erreur CRC. Le bit EBED doit être placé dans la multitrame partante disponible suivante et renvoyé à l'expéditeur. Les bits EBED peuvent être surveillés afin d'établir la qualité de fonctionnement du récepteur de l'extrémité distante.

II.8.3.2.2 Bit d'action

Le bit d'action est le bit M₄ dans la première trame de la multitrame transmise par l'un ou l'autre des émetteurs-récepteurs. Il est utilisé comme un élément de la séquence de démarrage afin d'indiquer qu'un émetteur-récepteur est prêt pour une communication de couche 2 (voir le § II.10.5).

II.8.3.2.3 Bit DEA

Le bit DEA est le bit M_4 de la deuxième trame des multitrames transmises par TL (voir le § II.3 et la figure II-3/G.961). Il est utilisé par TL pour indiquer à TR1 son intention de désactiver (voir le § II.10.1.5.2). Afin de permettre une détection fiable du bit DEA lorsque l'on veut indiquer une intention de désactiver, l'état correspondant (ZÉRO binaire) doit être transmis dans trois multitrames successives afin qu'il soit mis fin à la transmission du signal.

II.8.3.2.4 Bits d'état TR1 sous tension

Deux bits de chaque multitrame (voir la figure II-3/G.961) servent à indiquer l'état TR1 sous tension. Le tableau II-1/G.961 montre les assignations des bits d'état sous tension et les messages et définitions correspondants.

TR1 doit avoir une réserve d'énergie suffisante pour transmettre l'indication d'interruption pendant 3 multitrames au minimum.

II.8.3.2.5 Bit indicateur de mode d'essai de TR1

Un bit, NTM, de chaque multitrame (voir la figure II-3/G.961) transmis par TR1 à TL sert à indiquer que TR1 est dans un mode d'essai initié par l'usager. On considère que TR1 est en mode d'essai lorsque le canal D ou l'un des canaux B sont impliqués dans une action de maintenance déclenchée localement par l'usager. En mode d'essai, TR1 peut être indisponible pour le service ou incapable d'exécuter les actions demandées par des messages VEI. Ce bit doit être un UN binaire pour indiquer un fonctionnement normal ou un ZÉRO binaire pour indiquer le mode d'essai.

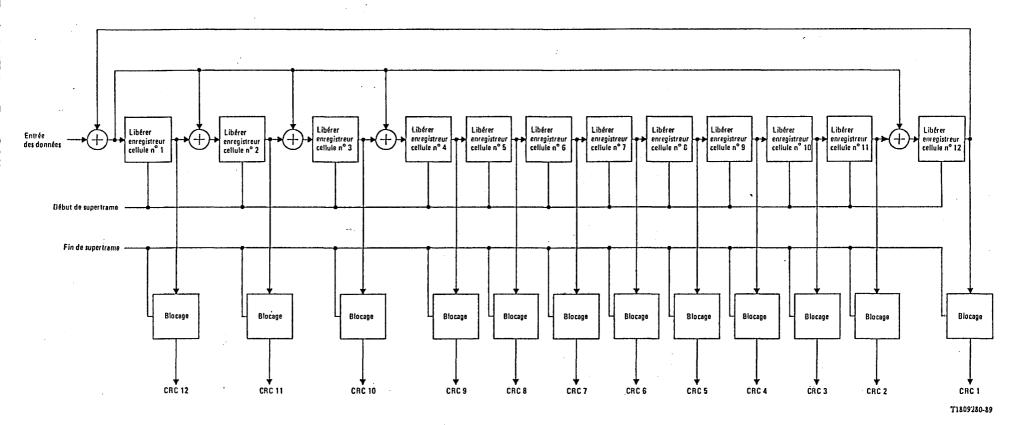


FIGURE II-4/G.961

Générateur CRC-12

TABLEAU İI-1/G.961

Assignations et messages du bit d'état sous tension

Etat de TR1	Valeurs binaires de ps ₁ , ps ₂	Définition
Alimentation normale	11	Alimentations primaire et secondaire normales
Coupure de l'alimentation secondaire	10	Alimentation primaire normale, mais alimentation secondaire marginale, indisponible ou non assurée
Coupure de l'alimentation primaire	01	Alimentation primaire marginale ou indisponible, alimentation secondaire normale
Interruption	00	Alimentations primaire et secondaire marginales ou indisponibles. TR1 risque de cesser son fonctionnement normal sous peu

II.8.3.2.6 Bit de démarrage à froid exclusivement (bit DFE)

Le bit DFE est le bit M₄ de la cinquième trame d'une multitrame transmise par TR1. Il sert à indiquer les capacités de démarrage de l'émetteur-récepteur TR1. Si TR1 dispose d'un émetteur-récepteur à démarrage à froid exclusivement selon la définition donnée à l'alinéa 4) du § II.10, ce bit est mis à UN. Dans les autres cas, il est mis à ZÉRO dans le signal SN3.

II.8.3.2.7 Bits en réserve

Tous les bits en M_4 , M_5 et M_6 qui n'ont pas d'autres assignations sont réservés pour normalisation ultérieure. Les bits en réserve sont mis à UN avant l'opération d'embrouillage.

II.8.3.3 Fonctions de voie d'exploitation incorporée (VEI)

'Ving-quatre bits par multitrame (2 kbit/s) sont attribués à une voie d'exploitation incorporée (VEI) qui répond aux besoins de communication d'exploitation entre le réseau et TR1.

II.8.3.3.1 Trame VEI

Une trame VEI se compose de 12 bits synchronisés sur la multitrame:

Bits	3	. 1	8
Fonctions	Domaine	Indicateur	Domaine
assurées	d'adresse	données/message	d'information

Le domaine d'adresse de 3 bits peut être utilisé pour indiquer jusqu'à sept emplacements. Seule la spécification de l'adresse des messages destinés à la TR1 relève de la présente Recommandation. Les adresses additionnelles concernent des éléments de réseau intermédiaires lorsque le système est utilisé pour étendre un accès impliquant des systèmes supports.

Les bits indicateurs de données ou de messages doivent être mis à UN pour indiquer que le domaine d'information contient un message d'exploitation. Ils doivent être mis à ZÉRO pour indiquer que le domaine d'information contient des données numériques. 256 messages peuvent être codés dans ce domaine d'information.

Deux trames VEI exactement doivent être transmises par multitrame. Elles se composent de bits M_1 , M_2 et M_3 (voir la figure II-3/G.961).

II.8.3.3.2 Mode d'exploitation

Le protocole VEI fonctionne dans un mode répétitif commande/réponse. Trois messages consécutifs identiques correctement adressés doivent être reçus avant l'initiation d'une action. Un seul message dépendant du réseau, doit être en instance (ne faisant pas encore l'objet d'un accusé de réception) à un moment donné à la suite d'une VEI d'accès de base.

Le réseau envoie en continu un message adressé de manière appropriée. Pour provoquer l'action désirée dans l'élément adressé, le réseau doit continuer à envoyer ce message jusqu'à ce qu'il reçoive trois trames VEI consécutives identiques en provenance du dispositif indiqué dans l'adresse et acceptant la trame VEI transmise. Lorsque le réseau cherche à activer une fonction VEI, des messages autonomes venant de TR1 interfèrent avec la confirmation de réception d'un message VEI valide. L'envoi par TR1 et la réception par le réseau de trois messages consécutifs identiques correctement adressés «impossible d'exécuter» constitue pour le réseau une notification que TR1 ne dispose pas de la fonction demandée, auquel cas le réseau peut abandonner sa tentative.

L'élément adressé exécute l'action lorsque, et seulement lorsque, trois trames VEI consécutives, identiques et correctement adressées ont été reçues et contiennent un message reconnu par l'élément adressé. TR1 répond à tous les messages reçus. Sa réponse devrait être un écho de la trame VEI reçue, renvoyé vers le réseau, avec les deux exceptions décrites ci-dessous. Toute réponse ou trame VEI d'écho doit figurer dans la trame VEI de retour disponible suivante, ce qui permet un temps de traitement d'environ 0,75 ms.

Si TR1 ne reconnaît pas le message dans une trame VEI correctement adressée, elle renverra après la réception de la troisième trame VEI consécutive identique correctement adressée, au lieu d'un écho, un message «impossible d'exécuter» dans la trame VEI disponible suivante.

Si TR1 reçoit des trames VEI portant une adresse autre que sa propre adresse (000) ou une adresse de diffusion (111), elle doit renvoyer au réseau dans la trame VEI disponible suivante une trame VEI contenant le message «état de maintien» et sa propre adresse (l'adresse TR1, 000).

La spécification du protocole ne comporte pas de disposition concernant des messages autonomes en provenance de TR1.

Toutes les actions que doit exécuter TR1 doivent être bloquantes et permettre l'intervention simultanée d'actions multiples initiées par VEI. Un message distinct sera envoyé au réseau pour effectuer le déblocage.

II.8.3.3.3 Adressage

TR1 doit reconnaître une adresse TR1 et une adresse de diffusion, qui se présentent comme suit:

	Nœud	Adresse
	TR1	000
Diffusion	(tous les nœuds)	111

En cas d'envoi d'un message «impossible d'exécuter», TR1 utilise l'adresse 000.

II.8.3.3.4 Définition de fonctions VEI demandées

- Boucle 2B + D: cette fonction demande à TR1 de boucler le train de bits de données de l'usager (2B + D) vers le réseau. Il s'agit d'une boucle complète, qui peut être transparente ou non, mais qui, en tout état de cause, continuera à fournir un signal suffisant pour que ET maintienne la synchronisation sur TR1.
- 2) Boucle canal B1 (ou canal B2): cette fonction demande à TR1 de boucler un canal B donné vers le réseau. La boucle de ce canal B peut donner des possibilités de maintenance voie par voie sans totalement interrompre le service pour l'usager. Il s'agit d'une boucle transparente.

- 3) Retour à la normale: ce message vise à libérer toutes les opérations en instance commandées par VEI et à remettre le processeur VEI à son état initial.
- 4) Accusé de réception d'«impossibilité d'exécuter»: confirmation que TR1 a validé la réception d'un message VEI, mais que ce message VEI ne figure pas dans le menu de TR1.
- 5) Demande de CRC erronés: message demandant l'envoi de CRC erronés vers le réseau jusqu'à son annulation par retour à la normale.
- 6) Notification de CRC erronés: message notifiant à TR1 que des CRC intentionnellement erronés seront émis par le réseau jusqu'à l'annulation indiquée par retour à la normale.
- 7) Etat de maintien: message envoyé par le réseau pour maintenir le processeur VEI de TR1 et toutes opérations actives commandées par VEI à leur état actuel. Ce message peut aussi être envoyé par TR1 vers le réseau pour indiquer que TR12 a reçu une trame VEI comportant une adresse incorrecte.

II.8.3.3.5 Codes de fonctions VEI demandées

Le tableau II-2/G.961 indique les codes correspondant à chacune des fonctions définies au § II.8.3.3.4 ci-dessus.

TABLEAU II-2/G.961

Messages requis pour le mode VEI commande/réponse

Message	Code du message	Origine (o) & destination (d)				
111033450	Code da message	Réseau	TR1			
Boucle 2B + D	0101 0000	0	d			
Boucle canal B ₁	0101 0001	o	d			
Boucle canal B ₂	0101 0010	o	d			
Demande de CRC erronés	0101 0011	o	d			
Notification de CRC erronés	0101 0100	o	d			
Retour à la normale	1111 1111	o	d			
Etat de maintien	0000 0000	d/o	o/d			
Impossibilité d'exécuter	1010 1010	d	o			

Soixante-quatre messages VEI ont été réservés pour des applications non normalisées dans les quatre blocs suivants de 16 codes chacun (x est UN ou ZÉRO): 0100 xxxx, 0011 xxxx, 0010 xxxx et 0001 xxxx. Tous les codes restants, non définis dans le tableau II-2/G.961 et non réservés pour des applications non normalisées, sont réservés en vue d'une normalisation ultérieure. Ainsi donc, 184 codes associés avec des adresses TR1 (000) et des adresses de diffusion (111) sont disponibles en vue d'une normalisation future (ce qui correspond à un total de 256 codes, moins 8 codes définis dans le tableau, moins encore 64 codes pour applications non normalisées).

Remarque — La réservation de codes pour des applications non normalisées n'en confirme en rien l'utilisation. L'emploi de tels messages ne doit en rien interférer avec le protocole VEI. TR1 et TL acceptant des messages associés à des applications non normalisées peuvent ne pas interfonctionner correctement.

II.9 Embrouillage

Le train de données dans chaque direction de transmission doit être embrouillé selon un polynôme du 23° ordre (voir la figure II-5/G.961) avant son insertion dans MTV.

Dans la direction TL vers TR1, ce polynôme est:

$$1 \oplus x^{-5} \oplus x^{-23}$$

dans lequel:

 \oplus = sommation modulo 2.

Dans la direction TR1 vers TL, ce polynôme est:

$$1 \oplus x^{-18} \oplus x^{-23}$$

dans lequel:

 \oplus = sommation modulo 2.

Le train de données binaires est reconstitué au récepteur qui applique aux données embrouillées reçues le polynôme déjà appliqué par l'émetteur.

Remarque – Les UN et les ZÉRO binaires qui entrent dans l'émetteur-récepteur TR1 en provenance de l'interface au point de référence T ou dans l'émetteur-récepteur TL en provenance du réseau doivent apparaître respectivement comme des UN et des ZÉRO binaires à l'entrée de l'embrouilleur. De même, au cours de la transmission/réception du mot de verrouillage de trame ou du mot de verrouillage de trame inversé, l'état de l'embrouilleur doit rester inchangé. (Attention: il est fréquent que les bits d'entrée soient tous des UN, par exemple, au cours des périodes de repos ou du démarrage. Pour pouvoir embrouiller ces UN, l'état initial de l'enregistreur d'embrouillage à décalage doit être exclusivement composé de 1.)

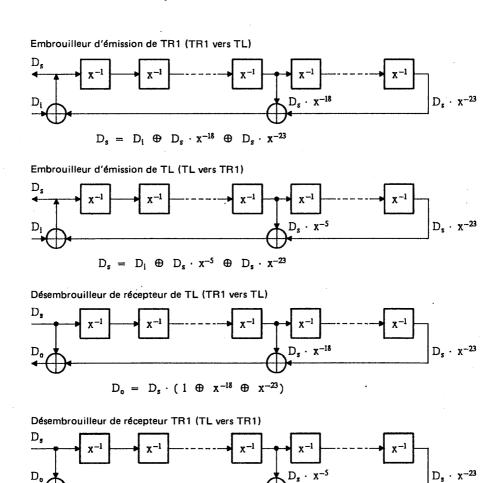


FIGURE II-5/G.961

T1804771-89

 $D_0 = D_s \cdot (1 \oplus x^{-5} \oplus x^{-23})$

Embrouilleur et désembrouilleur

II.10 Activation/désactivation

Le lecteur trouvera ci-dessous des spécifications et des exemples relatifs aux demandes d'activation/désactivation, aux indicateurs d'activation et de désactivation et aux indicateurs d'erreurs. Le système transmission peut réaliser des boucles mais il n'en est pas fait état dans les exemples. Le système de transmission peut également être activé sans que ce soit le cas de l'interface au point de référence T. Aucune disposition ne concerne l'appui de l'activation du système de transmission sans que soit activée l'interface au point de référence T, mais une telle possibilité n'est pas interdite (par exemple, par emploi de bits du canal CL en réserve).

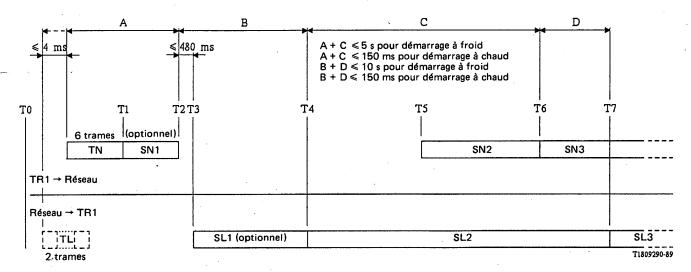
Les définitions suivantes sont données en vue de clarifier les spécifications qui vont suivre:

- a) Démarrage: processus caractérisé par une séquence de signaux produits par TL et par TR1. Le démarrage entraîne l'établissement du mode d'asservissement, c'est-à-dire la synchronisation des récepteurs et l'apprentissage des égaliseurs et des annuleurs d'écho en sorte que les conditions d'une transmission bidirectionnelle soient remplies.
- 2) Démarrage à chaud: processus qui s'applique aux émetteurs-récepteurs répondant aux conditions optionnelles de temps d'activation pour démarrage à chaud une fois qu'ils ont été synchronisés et qu'ils ont répondu par la suite à une demande de désactivation. Le démarrage à chaud ne s'applique que s'il n'y a eu aucun changement des caractéristiques de la ligne et des équipements. Les émetteurs-récepteurs qui répondent aux conditions du démarrage à chaud sont appelés émetteurs-récepteurs pour démarrage à chaud.
- 3) Démarrage à froid: processus de démarrage applicable aux émetteurs-récepteurs qui ne répondent pas aux conditions optionnelles de temps d'activation pour le démarrage à chaud ou qui ont été continuellement dans un état de désactivation à la suite d'une demande de désactivation de la TR1. Le démarrage à froid s'applique également s'il y eu des modifications des caractéristiques de la ligne, de l'équipement ou des deux. Un démarrage à froid commence toujours à partir de l'état réinitialisation.
- 4) Démarrage à froid exclusivement (DFE): les émetteurs-récepteurs TR1 qui ne répondent pas aux conditions optionnelles de temps d'activation pour démarrage à froid (voir le § II.10.6) sont appelés émetteurs-récepteurs pour démarrage à froid exclusivement.
- 5) Réinitialisation: l'état réinitialisation se compose de deux sous-états: le sous-état réinitialisation à la réception et le sous-état réinitialisation complète. Dans la suite de la présente Recommandation, le terme réinitialisation désignera toujours le sous-état réinitialisation complète.
 - L'état réinitialisation n'a aucune conséquence sur l'état de convergence des coefficients de l'égaliseur ou de l'annuleur d'écho de l'émetteur-récepteur. Les états réinitialisation s'appliquent aussi bien aux émetteurs-récepteurs pour démarrage à froid exclusivement qu'aux émetteurs-récepteurs pour démarrage à chaud.
 - Dans le cas de mises en œuvre particulières de l'émetteur-récepteur, les états (ou sous-états) réinitialisation peuvent signifier des états internes différents, éventuellement multiples.
- 6) Réinitialisation complète: le sous-état réinitialisation complète est un état dans lequel l'émetteur-récepteur a détecté la perte du signal en provenance de l'extrémité opposée et n'émet pas lui-même (n'envoie pas un signal sur la boucle).
 - L'émetteur-récepteur passe à l'état réinitialisation complète à la suite de sa mise sous tension.
 - Lorsqu'elle est à l'état réinitialisation complète, TR1 ne peut entreprendre une transmission que pour demander le service. Dans toutes les autres conditions, lorsque l'interface a été désactivée, TR1 doit demeurer au repos, c'est-à-dire qu'elle ne peut commencer à émettre de signaux avant d'avoir reçu le signal TL en provenance du réseau.
- 7) Réinitialisation à la réception: il s'agit d'un état transitoire dans lequel TR1 a détecté la perte du signal de l'extrémité opposée et n'est pas en train d'émettre (envoi d'un signal sur la boucle) et où, de plus, elle n'est pas habilitée à commencer la séquence de démarrage (émission d'une tonalité de réveil), mais où elle doit pouvoir répondre à la séquence de démarrage (détection d'une tonalité de réveil). TR1 doit rester dans cet état pendant au moins 40 ms après avoir détecté la perte du signal reçu, comme le spécifient les § II.10.2.5.2 et II.10.2. A l'issue de ce délai, l'émetteur-récepteur doit passer à l'état réinitialisation complète.

II.10.1 Signaux utilisés pour l'activation

II.10.1.1 Signaux utilisés lors du démarrage

La figure II-6/G.961 définit les signaux produits par les émetteurs-récepteurs au cours du démarrage. Ces signaux s'appliquent pendant les deux types de démarrage (démarrage à froid et démarrage à chaud). Pendant le démarrage, les signaux à l'interface se composent de séquences de symboles de la forme définis au § II.12.2.



Temps: Description d'événement ou d'état:

TO Etat réinitialisation

T1 Le réseau et TR1 sont réveillés

T2 TR12 cesse d'émettre, indiquant qu'elle est prête à recevoir un signal

T3 Le réseau répond à la fin du signal et commence à émettre un signal vers TR1

T4 Le réseau commence à émettre le signal SL2 vers TR1, indiquant qu'il est prêt à recevoir le signal SN2
T5 TR1 commence à émettre le signal SN2 vers le réseau, indiquant qu'elle a acquis une trame MVT et détecté le signal SL2
T6 TR1 a acquis le marqueur de multitrame et est pleinement opérationnelle

T7 Le réseau a acquis le marqueur de multitrame et est pleinement opérationnel

FIGURE II-6/G.961

Séquence d'états pour le démarrage d'un émetteur-récepteur

A l'exception des tonalités de réveil (TN et TL), l'embrouilleur est utilisé de façon normale dans la formulation des signaux. Par exemple, la figure II-7/G.961 montre des UN pour les bits des canaux B et D et des bits supplémentaires dans le signal SN1. Ces UN sont embrouillés avant codage, ce qui produit des impulsions aléatoires dans ces positions à l'interface.

Sauf indication contraire dans la figure II-7/G.961, toutes les séquences d'impulsions sont réunies en trames et multitrames conformément à la structure de trame normale indiquée aux figures II-1/G.961, II-2/G.961 et II-3/G.961, toutes les impulsions représentant des bits embrouillés, exception faite de ceux du mot de verrouillage de trame. Les signaux TN et TL sont des tonalités de 10 kHz générées par répétition du schéma suivant de symboles non embrouillés et non réunis dans une trame:

$$\dots +3 +3 +3 +3 +3 -3 -3 -3 -3 \dots$$

II.10.1.2 Débit en ligne pendant le démarrage

Pendant le démarrage, le réseau produit des symboles à un débit nominal en ligne compris entre les marges de tolérance spécifiées au § II.2.1.2.

Le débit des symboles en provenance de TR1 est de 80 kbauds ± 100 ppm.

Signal	Mot de verrouillage de trame (MVT)	Multitrame (MVTI)	2B + D	M	Démarrage	Arrêt	Temps (trames)
TN	± 3 +	± 3 +	± 3 +	± 3 =	t	t	6
SN1	Présent	Absent	1	1	T1	T2	· <u></u>
SN2	Présent	Absent	1	. 1	Т5	Т6	_
SN3	Présent	Présent	Normal+	Normal	Т6	•	<u>.</u>
TL	± 3 +	± 3 	± 3 +	± 3 ‡	t .	†	2
SL1	Présent	Absent	1	1	Т3	T4	_
SL2	Préșent	Présent	0	Normal	Т4	Т7	. -
SL3	Présent	Présent	Normal+	Normal	Т7	•	

- ★ Tonalités ayant un schéma alternatif de quatre symboles de +3 suivis de quatre symboles de −3 sans mot de verrouillage de trame
- † Voir la figure II-6/G.961 et le § II.10.1.3 pour les temps de démarrage et d'arrêt de ce signal
- TN, TL Tonalités produites par TR1 ou TL respectivement (voir le § II.10.1.1)
- SNx, SLx Schemas d'impulsions produits respectivement par TR1 ou par TL
- Tx Notation se rapportant aux instants de transition définis à la figure II-6/G.961
- Absent Sous-multitrame, cette notation signifie simplement qu'un mot de verrouillage de trame est transmis au lieu d'un mot de verrouillage de trame inversé
- Normal Signifie que des bits M sont transmis à la ligne 2 fils comme requis en exploitation normale; par exemple, des bits CRC, VEI et des bits indicateurs valides sont transmis
- Normal⁺ Sauf pour réaliser une boucle, les bits 2B + D demeurent à l'état antérieur (signal SN2 ou SL2) jusqu'à ce que les deux bits action indiquent la parfaite transparence des canaux B et D (c'est-à-dire que les bits 2B + D des signaux SN3 et SL3 restent à UN et à ZÉRO respectivement jusqu'à ce que la transparence soit réalisée aux deux extrémités de LLN).
 - Les signaux SN3 et SL3 se poursuivent indéfiniment (ou jusqu'à désactivation).

FIGURE II-7/G.961

Définitions des signaux utilisés pour le démarrage

II.10.1.3 Séquence de démarrage

La figure II-6/G.961 montre la séquence des signaux à l'interface qui sont générés par les émetteurs-récepteurs. Les points de transition dans la séquence sont également définis à la figure II-7/G.961. Pour de plus amples informations sur les événements à l'interface au point de référence T, le lecteur est prié de se référer à la Recommandation I.430.

II.10.1.4 Réveil

Lorsque des émetteurs-récepteurs répondant aux conditions optionnelles de démarrage à chaud ou que des TR1 pour démarrage à froid exclusivement, disposant de la possibilité optionnelle d'initier la procédure de démarrage, sont dans l'état réinitialisation ou sont désactivés après avoir répondu à une demande de désactivation, ils peuvent commencer le démarrage en émettant une tonalité conforme à la définition de la figure II-7/G.961.

II.10.1.5.1 Activation

Dans la direction TR1 vers TL, le bit d'action demeure à ZÉRO jusqu'au moment où l'équipement de l'usager indique la progression en étant prêt à émettre. L'action correspondante au point de référence T de l'équipement d'usager est la réception du signal INFO 3. Pour communiquer cette indication de progression, le bit d'action provenant de TR1 est mis à la valeur UN. Si l'on admet que le signal INFO 3 intervienne avant T6 et T7, cette indication de progression n'affecte pas les symboles additionnels à l'interface jusqu'à T6, les bits additionnels pouvant alors devenir normaux et pouvant ne pas être détectés par TL avant T7.

Après l'événement T7 (figure II-6/G.961) et après que le bit d'action = UN eut été reçu en provenance de TR1, TL fait passer le bit d'action à UN pour communiquer qu'elle est prête pour une communication de couche 2 (voir le § II.8.3.2.2).

II.10.1.5.2 Désactivation

Les émetteurs-récepteurs à l'état actif qui répondent aux conditions optionnelles de temps d'activation pour le démarrage à chaud doivent cesser d'émettre en se fondant sur le bit DEA (voir le § II.8.3.2.3) et sur la perte subséquente du signal reçu. Le bit DEA en provenance de TL doit être mis à UN avant que l'activation ne débute. TL doit annoncer la désactivation en faisant passer le bit DEA à ZÉRO.

TL doit émettre des bits DEA = ZÉRO dans au moins trois multitrames avant d'interrompre ses émissions. Elle doit cesser l'émission avant d'émettre un bit DEA dans la multitrame qui suit la multitrame dans laquelle le bit DEA = ZÉRO est transmis pour la dernière fois. Au cours de la multitrame comportant le bit DEA = ZÉRO, TR1 a le temps de se préparer à la désactivation. Après avoir détecté la perte du signal venant de TL, TR1 doit cesser d'émettre, passer à l'état réinitialisation de réception et passer à l'état désactivé. Son temps de réponse à la perte du signal reçu doit être tel que TR1 passe à l'état réinitialisation de réception dans les 40 ms qui suivent l'apparition de la transition à l'absence de signal à son interface. Ainsi que le spécifient les définitions données au début du § II.10, elle ne saurait initier la transmission d'une tonalité de réveil au moins pendant les 40 ms qui suivent l'arrêt de ses émissions; elle passe alors à l'état réinitialisation complète. TL passe à l'état réinitialisation complète après avoir détecté la perte du signal reçu.

Les émetteurs-récepteurs TL qui ne répondent pas aux conditions optionnelles de temps d'activation pour le démarrage à chaud doivent émettre en permanence des bits DEA mis à UN.

II.10.2 Temporisateurs

Des temporisateurs doivent être utilisés pour établir le passage aux états réinitialisation. A l'apparition de l'une quelconque des conditions suivantes:

- impossibilité de réaliser le démarrage en moins de 15 s (qu'il s'agisse du démarrage à froid ou à chaud);
- 2) perte du signal reçu pendant plus de 480 ms; ou
- 3) perte de synchronisation pendant plus de 480 ms;

un émetteur-récepteur doit répondre comme suit: dans les cas 1) ou 3), il doit interrompre l'émission et, en cas de détection ultérieure de perte du signal reçu, il doit passer à l'état réinitialisation de réception. Son temps de réponse à une perte de signal [dans les cas 1) ou 2)] doit être tel qu'il passe à l'état réinitialisation de réception et puisse répondre à la génération de la tonalité de réveil par l'émetteur-récepteur de l'extrémité distante dans les 40 ms qui suivent l'arrêt de l'émission par l'émetteur-récepteur de l'extrémité distante. Dans le cas 2), l'émetteur-récepteur doit immédiatement passer dans l'état réinitialisation de réception. Ainsi que le spécifie le § II.10 [alinéa 7)], un émetteur-récepteur doit rester dans l'état réinitialisation de réception pendant 40 ms au moins, après quoi, il passe à l'état réinitialisation complète. L'émetteur-récepteur ne peut initier la transmission d'une tonalité de réveil tant qu'il est à l'état réinitialisation de réception.

Dans les cas 2) et 3), ces conditions s'appliquent aux émetteurs-récepteurs après le démarrage, c'est-à-dire après que la synchronisation de multitrame soit réalisée (voir T6 et T7 sur la figure II-6/G.961 respectivement pour les émetteurs-récepteurs TR1 et TL).

De plus, une TR1 doit passer à l'état réinitialisation complète si elle ne reçoit aucun signal dans un délai de 480 ms; elle cesse ensuite d'émettre TN ou SN1 si ce signal est émis (voir T2 à T3 sur les figures II-6/G.961 et II-7/G.961).

II.10.3.1 Activation par l'équipement d'usager

Tandis que TR1 et TL demeurent à l'état désactivé après avoir reçu une demande de désactivation et lui avoir répondu, ou tandis qu'elles sont dans un état réinitialisation, une demande d'activation en provenance de l'équipement d'usager provoque l'envoi du signal TN (tonalité) de TR1 vers TL. Lorsque la TL reçoit le signal TN, elle doit rester silencieuse jusqu'à la fin du signal provenant de la TR1, suit ensuite le reste de la séquence, comme indiqué aux figures II-6/G.961 et II-7/G.961. S'il apparaît que TL cherche alors l'activation, elle peut émettre sans danger une tonalité TL pendant l'émission de la tonalité TN.

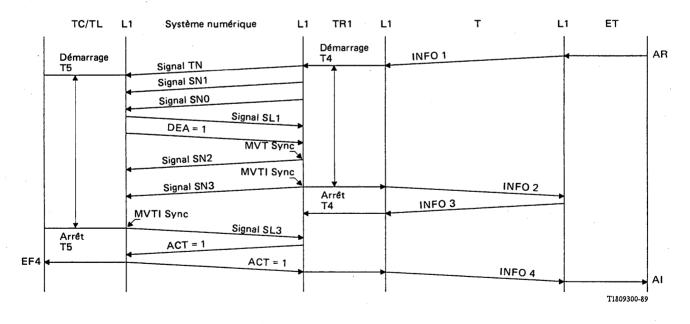
Pendant que TR1 est dans l'état réinitialisation, elle peut initier une transmission mais seulement pour demander le service. Dans toutes les autres conditions dans lesquelles le système a été désactivé, TR1 doit demeurer au repos, c'est-à-dire qu'elle ne peut commencer à émettre aucun signal tant qu'elle n'a pas reçu de signal TL en provenance de TL.

II.10.3.2 Activation en provenance du réseau

Tandis que TR1 et TL restent désactivées après avoir reçu une demande de désactivation et y avoir répondu, ou pendant qu'elles sont dans un état de réinitialisation, une demande d'activation en provenance de TL provoque l'envoi d'un signal TL vers TR1. A réception du signal TL, TR1 répond par l'envoi du signal TN dans les 4 ms qui suivent le début du signal TL. Le reste de la séquence suit comme indiqué sur les figures II-6/G.961 et II-7/G.961.

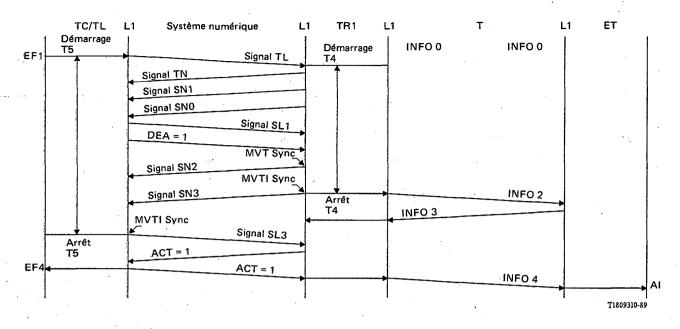
II.10.3.3 Tableaux de séquences

Les figures II-8/G.961 et II-9/G.961 contiennent des exemples de tableaux de séquences d'activation par le terminal et par l'équipement TC.



Remarque - La réception d'INFO 3 et du signal SL3 à TR1 peut théoriquement se faire dans l'ordre inverse.

FIGURE II-8/G.961 Activation initiale par l'équipement terminal



Remarque - La réception d'INFO 3 et du signal SL3 à TR1 peut théoriquement se faire dans l'ordre inverse.

FIGURE II-9/G.961

Activation initiale par le commutateur

II.10.3.4 Transparence

Dans les deux directions, la transparence de la transmission par TR1 doit être assurée après que TR1 soit passée dans l'état pleinement opérationnel (T6) et que le bit action venant de TL et le bit DEA aient tous deux la valeur UN. L'état pleinement opérationnel de TL signifie que TR1:

- 1) a reçu le rythme des bits et la synchronisation de trame du signal arrivant de TL;
- 2) a reconnu le marqueur de multitrame en provenance de TL;
- 3) a pleinement convergé les coefficients de son annuleur d'écho et de son égaliseur.

La transparence de la transmission dans les deux directions à TL doit être assurée lorsque TL:

- 1) atteint un état pleinement opérationnel (T7);
- 2) détecte la présence d'un marqueur de multitrame provenant de TR1;
- 3) reçoit de TR1 un bit d'action = UN.

Un état pleinement opérationnel à TL signifie que TL:

- 1) a déduit la phase de rythme des bits du signal arrivant de TR1, ainsi que la synchronisation de trame;
- 2) a reconnu le marqueur de multitrame en provenance de TR1;
- 3) a pleinement convergé les coefficients de son annuleur d'écho et de son égaliseur.

Après que TL et TR1 aient toutes deux réalisé la transparence dans les deux directions, les bits d'action continuent à refléter le fait que TL et l'équipement terminal sont prêts pour une communication de couche 2. Dans la direction TR1 vers TL, le bit d'action reflète l'état du côté TR1 de l'interface. Chaque fois que, pour une raison quelconque, une extrémité n'est plus prête à communiquer à la couche 2 (par exemple parce qu'un terminal est déconnecté), elle doit faire passer son bit d'action à ZÉRO. Tout changement d'état de ce bit doit être répété dans trois multitrames consécutives au moins.

II.10.4 Tableau de transition des états pour TR1

Le tableau II-3/G.961 contient un exemple de tableau de transition des états de TR1 en fonction des INFO, des SIG et des temporisateurs.

TABLEAU II-3/G.961

Tableau de transition des états de TR1 en fonction des INFO, SIG et des temporisateurs

	Nom de l'état	Hors tension	Réini- tialisa- tion com- plète	Alerte	Appren- tissage EC	Conver- gence EC	Sync. MVT	Sync. MVTI	Attente activation	Actif	Attente désactiva- tion	Panne	ET inactif	Réinitiali- sation à la ré- ception
Evénement	Code de l'état	TR0	TR1 (T0)	TR2	TR3 (T1)	TR4 (T2)	TR5 (T5)	TR6 (T6)	TR7	TR8	TR9	TR10	TR11	TR12
	Tx	Signal SN0	Signal SN0	Signal TN	Signal SN1	Signal SN0	Signal SN2	Signal SN3 ACT=0	Signal SN3 ACT=1	Signal SN3 ACT=1	Signal SN3 (remar-	Signal SN0	Signal SN3 ACT=0	Signal SN0
	(remarque 6)	INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 2	INFO 2	INFO 4	que 7)	INFO 0	INFO 2	INFO 0
Sous-tension		TR1	_		_	_	_	-	_	_	_	_	_	-
Coupure de l'al	limentation	_	TR0	TR0	TR0	TR0	TR0	TR0	TR0	TR0	TR0	TR0	TR0	TR0
Signal INFO 1 (remarques 1 et		/	ST.T4 TR2	_	_	-,	-	-	-	/	/	_	/	-
Signal INFO 3 (remarques 1 et		/	/	/	/	1	/	TR7	_		_	-	TR7	1
Signal INFO 0 (remarques 1 et		/	_	_	_	_	_	_	TR11	TR11	_		/	-
Fin de tonalité	TN (9 ms)	1	1	TR3	_	1	/	1	/	/	/	/	/	1
Tonalité TL reç	cue	1	ST.T4 TR2	_	/	/	. /	/.	/	/	/	/	/	ST.T4 STP.T6 TR2
Annuleur d'éch	o convergé	/	-		TR4	-	_	-	_	_	_	_	-	-
Synch. trame de	e base (MVT)	/	/	/	/	TR5	-	_	_	_	_	-	_	_
Synch. multitra	me (MVTI)	1. 1	/	/	/	/	STP.T4 TR6	-	_	_	_	_	_	-
DEA = 0 reçue (remarque 6)	e	/	1	/	/	/	/	TR9	TR9	TR9	_	-	TR9	
ACT = 0 reçue	e	/	/	/	/	7.	/	_	-	TR7	_	_	_	_
ACT = 1 et D	EA = 1 reçues	/	1	/	/	1	/	_	TR8 AI	-	_	_	_	_
Perte de synchr (> 480 ms)	ronisation	/	/	/	/	/	/	TR10	TR10	TR10	_	_	TR10	_
Perte du signal	(> 480 ms)	/	1	1	1	ST.T6 TR1	ST.T6 TR12	ST.T6 TR12	ST.T6 TR12	ST.T6 TR12	/	/	ST.T6 TR12	-
Expiration du t (15 secondes)	temporisateur T4	/	_	TR10	TR10	TR10	TR10	1	/	/	/	_	/	_
Perte du signal	(< 40 ms)	/	1	/	1.	/	/	1	/	1	ST.T6 TR12	ST.T6 TR12	/	/
Expiration du t (40 ms)	temporisateur T6	/	_	1	1	/	/	/	/	/	/	/	/	TR1

Remarque - En ce qui concerne les symboles, les abréviations et les remarques, se reporter après le tableau II-4/G.961.

II.10.5 Tableau de transition des états pour TL

Le tableau II-4/G.961 contient un exemple de tableau de transition des états de TL en fonction des EF, des SIG et des temporisateurs.

TABLEAU II-4/G.961

Tableau de transition des états de TL en fonction de EF, SIG et des temporisateurs

	Nom de l'état	Hors tension	Réini- tialisa- tion com- plète	Alerte	Réveil	Apprentissage EC	Conver- gence EC	Sync. MVT	Sync. MVTI	Actif	Alerte désactiva- tion	Panne	Attente désacti- vation	Réinitiali- sation à la ré- ception
Evénement	Code de l'état	TL0	TL1 (T0)	TL2	TL3 (T1)	TL4 (T3)	TL5 (T4)	TL6	TL7 (T7)	TL8	TL9	TL10	TL11	TL12
	Тх	SLO	SL0	Signal TL	SLO	Signal SL1	Signal SL2 DEA=1 ACT=0	Signal SL2 DEA=1 ACT=0	Signal SL3 DEA=1 ACT=0	Signal SL3 DEA = 1 ACT = 1	Signal SL3 DEA=0 ACT=0	SL0	SL0	SL0
Sous-tension		TL1	-		-	_	_	-	-	_	_	_	_	_
Coupure de l'a	limentation	_	TL0 EF7	TL0 EF7	TL0 EF7	TL0 EF7	TL0 EF7	TL0 EF7	TL0 EF7	TL0 EF7	TL0 EF7	TL0 EF7	TL0 EF7	TL0
Demande d'act	ivation (EF1)	/	ST.T5 TL2	-	-	_	_	-	_	/	/	_	_	_
Demande de de (remarque 8)	ésactivation (EFS)	/	-	_	-	_	_	_	TL9 EF7	TL9	-	-	-	-
Fin de tonalité	(TL) (3 ms)	/	/	TL3	_	/	/	/	/	/	/	1	/	/
Tonalité reçue	(TN)	/	ST.T5 TL3	_	_	/	1.		/	/*	/	./ .	/	ST.T5 STP.T7 TL3
Perte de l'énerg	gie du signal	/	_	_	TL4	_	/	/	/	/	1	/	/	-
Annuleur d'éch	io convergé	/	-	_	_	TL5	_	-,	_	-	-	_	-	-
Synch. trame d	e base (MVT)	/	/	/	/	1	TL6	-	-,	_	_	_	_	-
Synch. multitra	me (MVTI)	/	/	/	/	1	/	STP.T5 TL7	-	-	_	_		-
ACT = 0 reçue	e	/	/	/	/	/	/	/	_	TL7 EF6,7		-	-	_
ACT = 1 reçue	e	/	/	/	/	/	/	/	TL8 EF4	ı	. –	_	-	_
Perte de synchr (> 480 ms)	onisation	/	/	/	/	/	. /	/	TL10 EF7	TL10 EF6,7	_	-	_	-
Perte du signal	(> 480 ms)	/	/	/	/	/	/	ST.T7 TL12 EF7	ST.T7 TL12 EF7	ST.T7 TL12 EF6,7	_	, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	/	. /
Fin de la dernie avec DEA = 0		/	/	/	/	/	/	/		/	TL11	/	/	/
Expiration du t (15 secondes)	emporisateur T5	/	_	TL10 EF7	TL10 EF7	TL10 EF7	TL10 EF7	TL10 EF7	/	- ,	/	,	/	/
Perte du signal	(< 40 ms)	/	_	/	/	/	/	/	/	/	/	ST.T7 TL12	TL1	_
Expiration du t (40 ms)	emporisateur T7	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	TL1

- Aucun changement, aucune action

/ Situation impossible

EF1 Elément de fonction, correspond à une demande d'activation primitive - PH-AR

EF4 Elément de fonction, correspond à une indication d'activation primitive - PH/MPH-AI

EF5 Elément de fonction, correspond à une demande de désactivation primitive - MPH-DR

EF6 Elément de fonction, correspond à une indication de désactivation primitive - MPH-DI

EF7 Elément de fonction, correspond à une indication d'erreur primitive

TRn Passer à l'état «TRn»

TLn Passer à l'état «TLn»

ST.Tn Démarrer le temporisateur Tn

STP.Tn Arrêter le temporisateur Tn

SL0 Aucun signal

Remarque 1 — Ces événements sont initiés par la matrice d'état fini (MEF) «G» définie dans la Recommandation I.430 et communiquée à «TR» MEF par des messages.

Remarque 2 - L'action de cette condition est semblable à celle d'un événement «demande d'activation».

Remarque 3 – Cette condition indique que le trajet des données d'usager (canaux 2B + D) dans la direction ET vers TR1 est transparent pour les données d'usager.

Remarque 4 – Cette condition indique que le trajet des données d'usager (canaux 2B + D) dans la direction ET vers TR1 n'est pas transparent pour les données d'usager.

Remarque 5 – Evénement prioritaire par rapport à l'action reçue = ZÉRO pour le démarrage à chaud de TR1. Il pourrait être négligé si TR1 ne veut pas désactiver (TR1 pour démarrage à froid seulement).

Remarque 6 — Bien que les signaux INFO au point de référence T soient indiqués comme des signaux d'émission dans la «TR» MEF, la «TR» MEF ne les contrôle pas directement. Ils ne sont cités qu'à titre d'information.

Remarque 7 – Les signaux émis dans cet état demeurent inchangés par rapport aux signaux émis pendant l'état précédent (par exemple, bit d'action = ZÉRO, si TR6 ou TR11 précédaient, ou = UN si TR7 ou TR8 précédaient).

Remarque 8 — Cet événement doit provoquer la désactivation de TR1 dans le cas d'un émetteur pour démarrage à froid exclusivement ou d'un émetteur pour démarrage à chaud.

Remarque 9 - Cet événement doit se produire après la réception de trois multitrames au minimum. Voir le § II.10.1.5.2.

II.10.6 Temps d'activation

TL et TR1 achèveront le processus de démarrage, y compris la synchronisation et l'apprentissage des égaliseurs jusqu'au moment où elles atteindront les critères de performance dans les délais suivants: les émetteurs-récepteurs pour démarrage à froid exclusivement seront synchronisés en moins de 15 s. Les émetteurs-récepteurs conformes aux conditions optionnelles de temps d'activation pour démarrage à chaud seront synchronisés en moins de 300 ms en cas de démarrage à chaud et en moins de 15 s en cas de démarrage à froid. Le délai de démarrage à froid de 15 s est réparti de telle sorte que TR1 bénéficie de 5 s et TL de 10 s. Dans le cas du démarrage à chaud, le temps de démarrage est également réparti entre TR1 et TL qui bénéficient chacune de 150 ms (voir les détails à la figure II-6/G.961).

Remarque – Le délai de 300 ms n'est valable que pour des essais en laboratoire. Aucun temporisateur de 300 ms n'est mis en œuvre dans les boucles réelles en service (voir la définition du démarrage à chaud et du démarrage à froid au § II.10).

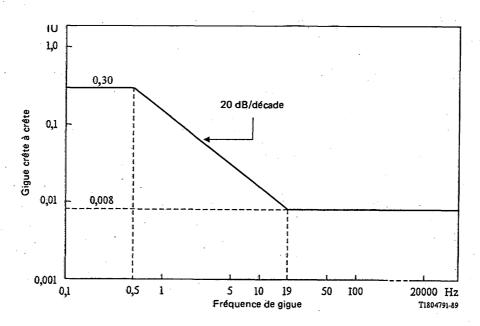
Comme l'indique la figure II-6/G.961, les conditions relatives au temps de démarrage s'étendent de la tonalité de réveil jusqu'à T7 et ne tiennent pas compte du temps d'activation de l'équipement terminal d'usager. Les temps d'activation concernent uniquement la ligne locale numérique (LLN) et ne concernent pas seulement la totalité de la liaison d'accès à l'usager, qui peut faire intervenir des systèmes à courants porteurs.

Remarque – La valeur indiquée dans la Recommandation G.960 est de 10 s (il s'agit là d'une valeur correspondant à 95% des cas).

Pour assurer le respect des conditions de gigue définies dans la Recommandation I.430, la gigue sur le signal de rythme reconstitué à l'horloge de TR1 ne doit pas dépasser les limites spécifiées à la figure 9/I.430 et au § 8.3.1 de la Recommandation I.430. Les tolérances sur la gigue visent à garantir que les limites de la Recommandation I.430 sont confirmées par les limites de gigue du système de transmission utilisé sur les lignes d'abonné. Les limites de gigue indiquées ci-dessous doivent être observées quelle que soit la longueur de la ligne d'abonné, qu'il y ait un répéteur ou non, sous réserve qu'elles soient couvertes par les caractéristiques du moyen de transmission. Ces limites doivent être observées quel que soit le signal émis. Dans cette Recommandation, la gigue est spécifiée sous forme d'intervalles unitaires (IU) du signal à la rapidité nominale de 80 kbauds (12,5 μs).

II.11.1 Tolérance sur la gigue du signal d'entrée à TR1

TR1 doit respecter les objectifs de performance avec une amplitude maximale de dérapage/gigue conforme aux spécifications de la figure II-10/G.961 pour la gigue sur une seule fréquence entre 0,1 Hz et 20 kHz, superposée à la source du signal d'essai, le débit de symboles du signal reçu se situant dans la gamme de 80 kbauds ± 5 ppm. TR1 doit aussi respecter les objectifs de performance avec dérapage de 1,44 IU (crête à crête) par jour, le taux maximal de changement de phase étant de 0,06 IU/heure.



Remarque - Intervalle unitaire (IU) = 12,5 μ s.

FIGURE II-10/G.961
Gigue sinusoïdale admissible sur le signal d'entrée à TR1

II.11.2 Limitations de la gigue à la sortie de TR1

Avec les dérapage/gigue spécifiés au § II.11.1, exception faite du cas où ils se superposent au signal d'entrée TR1, la gigue sur le signal émis par TR1 en direction de TL doit être conforme aux conditions suivantes, le débit de symboles du signal reçu étant compris dans la gamme de 80 kbauds ± 5 ppm, comme il est spécifié au § II.2:

1) la gigue doit être égale ou inférieure à 0,04 IU crête à crête et inférieure à 0,01 IU efficace lorsqu'elle est mesurée avec un filtre passe-haut ayant une décroissance de 6 dB/octave au-dessous de 100 Hz;

- 2) la gigue dans la phase du signal de sortie (le signal transmis en direction de TL) par rapport à la phase du signal d'entrée (en provenance de TL) ne doit pas dépasser 0,05 IU crête à crête et 0,015 IU efficace lorsqu'elle est mesurée avec un filtre passe-bande ayant une décroissance de 6 dB/octave au-dessus de 40 Hz et au-dessous de 1,0 Hz. (A noter que la coupure à 1,0 Hz garantit que la différence moyenne dans la phase des signaux d'entrée et de sortie est déduite.) Cette condition s'applique avec la gigue superposée dans la phase du signal d'entrée, comme il est spécifié au § II.11.1 dans le cas des fréquences isolées jusqu'à 19 Hz;
- 3) l'écart maximal (crête) de la phase du signal de sortie par rapport à sa différence nominale (moyenne à long terme) par rapport à la phase du signal d'entrée (en provenance de TL) ne doit pas dépasser 0,1 IU. Cette condition s'applique en fonctionnement normal, y compris après un démarrage à chaud. (A noter que cela signifie que, si un état d'activation succède à un état de désactivation conformément aux conditions de démarrage à chaud, la différence moyenne à long terme sur la phase du signal de sortie par rapport à la phase du signal d'entrée doit être fondamentalement inchangée.)

II.11.3 Conditions d'essai pour la mesure de la gigue

En raison de la transmission bidirectionnelle sur 2 fils et d'un grave brouillage intersymbole, il n'y a pas de transitions bien définies du signal au point 2 fils de TR1.

Deux solutions possibles sont proposées:

- 1) un point d'essai est prévu dans TR1 pour la mesure de la gigue avec un signal non perturbé;
- 2) un émetteur-récepteur TL normalisé, y compris une ligne de transmission artificielle, est défini comme appareil d'essai.

II.12 Caractéristiques de sortie des émetteurs de TR1 et de TL

Les spécifications suivantes s'appliquent avec une impédance de charge résistive de 135 ohms sur une bande de fréquences de 0 Hz à 160 kHz.

II.12.1 Amplitude des impulsions

La crête nominale de l'impulsion la plus forte doit être de 2,5 V (voir la figure II-11/G.961).

II.12.2 Forme des impulsions

Les impulsions émises doivent avoir la forme spécifiée à la figure II-11/G.961. Le gabarit des impulsions pour les quatre symboles quaternaires seront obtenus en multipliant le gabarit d'impulsion normalisé de la figure II-11/G.961 par 2,5 V, 5/6 V, -5/6 V ou -2,5 V. Si le signal se compose d'une séquence de symboles réunis en trames avec un mot de synchronisation et des symboles équiprobables dans toutes les autres positions, la puissance moyenne nominale est de 13,5 dBm.

II.12.3 Puissance du signal

La puissance moyenne d'un signal composé d'une séquence de symboles réunis en trames avec mot de verrouillage de trame et symboles équiprobables dans toutes les autres positions devrait être comprise entre 13,0 dBm et 14,0 dBm dans la bande de fréquences comprise entre 0 Hz et 80 Hz.

II.12.4 Densité spectrale de puissance

La limite supérieure de la densité spectrale de puissance du signal émis doit être conforme aux indications de la figure II-12/G.961.

II.12.5 Linéarité de l'émetteur

II.12.5.1 Spécifications

Elle mesure l'écart entre des hauteurs d'impulsions idéales et la non-linéarité des impulsions individuelles. Les signaux émis et reçus ont une linéarité suffisante pour que la non-linéarité efficace résiduelle soit au moins 36 dB au-dessous du signal efficace à l'interface.

1	iveau malisé		Symboles of	quaternaires		
		+3	+1	-1	-3	
Α	0,01	0,025 V	0,00833 V	0,00833 V	-0,025 V	
В	1,05	2,625 V	0,8750 V	−0,8750 V	-2,625 V	
С	1,00	2,5 V	5/6 V	0,5/6 V	-2,5 V	
D	0,95	2,275 V	0,79167 V	-0,79167 V	2,275 V	
Ε	0,03	0,075 V	0,025 V	-0,025 V	-0,075 V	
F	-0,01	-0,025 V	-0,00833 V	0,00833 V	0,025 V	
G	-0,12	-0,3 V	-0,1 V	0,1 V	0,3 ∨	
Н	-0,05	-0,125 V	-0,04167 V	0,04167 V	0,125 V	

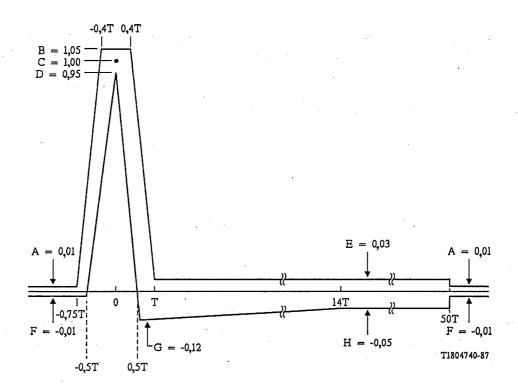


FIGURE II-11/G.961
Impulsion de sortie normalisée (de TR1 ou de TL)

II.12.5.2 Méthode de mesure de la linéarité

L'émetteur-récepteur (TL ou TR1) étant bouclé sur une résistance de 135 ohms par une boucle de longueur nulle et entraîné par une séquence binaire arbitraire, la tension qui apparaît aux bornes de la résistance est filtrée (antirepliement), échantillonnée et convertie sous forme numérique (V_{out}) avec une précision qui n'est pas inférieure à 12 bits (voir la figure II-13/G.961). Ces échantillons sont comparés à la sortie d'un filtre linéaire réglable dont l'entrée est le signal entrant dans l'émetteur embrouillé, mis en trames et codé linéairement. Les signaux arrivant au soustracteur peuvent être tous deux sous forme numérique ou sous forme analogique.

Le signal entrant dans le filtre numérique linéaire (données quaternaires d'entrée à la figure II-13/G.961) peut être considéré comme une norme de linéarité. Il peut être produit à partir de la sortie de l'émetteur par un récepteur sans erreur (sans désembrouilleur) ou à partir des données embrouillées de l'émetteur si elles sont disponibles. Si les échantillons introduits dans le filtre réglable sont disponibles sous forme numérique, aucun convertisseur analogique/numérique supplémentaire n'est nécessaire. Qu'ils soient analogiques ou numériques, ces échantillons doivent être dans le rapport 3:1:-1:-3, avec une précision minimale de 12 bits.

Le taux d'échantillonnage des échantillonneurs et des filtres peut être supérieur au débit des symboles et, de façon générale, il sera un multiple de ce taux pour assurer une bonne précision. Mais, il peut être égal au débit des symboles, les valeurs efficaces étant obtenues en calculant la moyenne sur toutes les phases d'échantillon par rapport au signal à l'émetteur.

Du fait que le filtre antirepliement, l'échantillonneur et le convertisseur analogique/numérique qui se trouvent à la sortie de l'émetteur peuvent introduire une perte ou un gain, un bon étalonnage oblige à déterminer $\langle V_{out}^2 \rangle$ à la sortie du filtre comme l'indique la figure II-13/G.961, plutôt que la valeur quadratique moyenne de la sortie même de l'émetteur.

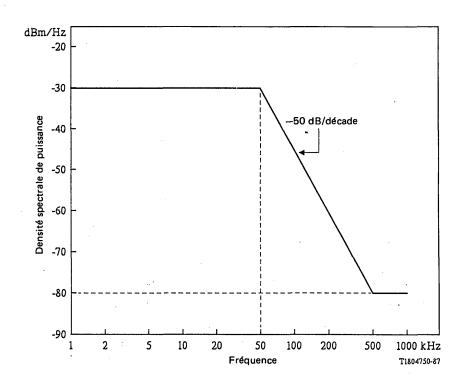


FIGURE II-12/G.961
Limite supérieure de la densité spectrale de puissance du signal
émis par TR1 et par TL

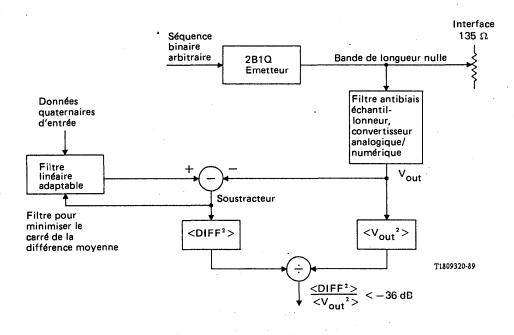


FIGURE II-13/G.961

Mesure de la linéarité de l'émetteur

II.13 Terminaison de l'émetteur-récepteur

II.13.1. Impédance

L'impédance nominale d'entrée à l'interface en direction de TR1 doit être de 135 ohms.

II.13.2 Affaiblissement d'équilibrage

L'affaiblissement d'équilibrage par rapport à 135 ohms sur une bande de fréquences comprise entre 1 kHz et 200 kHz doit avoir la valeur indiquée à la figure II-14/G.961.

II.13.3 Affaiblissement de conversion longitudinale

II.13.3.1 Symétrie longitudinale

La symétrie longitudinale (de l'impédance à la terre) est donnée par la formule:

$$LBal = 20 \log \left| \frac{e_l}{e_m} \right| dB$$

dans laquelle:

- e_l est la tension longitudinale appliquée (par rapport à l'immeuble ou au fil de terre de TR1).
- e_m est la tension métallique résultante aux bornes d'une terminaison de 135 ohms.

La symétrie sera > 60 dB aux fréquences inférieures à 4 kHz et > 55 dB aux fréquences supérieures, jusqu'à 160 kHz.

La figure II-15/G.961 définit une méthode de mesure de la symétrie longitudinale. Si l'on veut appliquer directement cette configuration de mesure, il convient d'effectuer les mesures alors que TR1 est sous tension mais inactive (aucun signal n'étant émis).

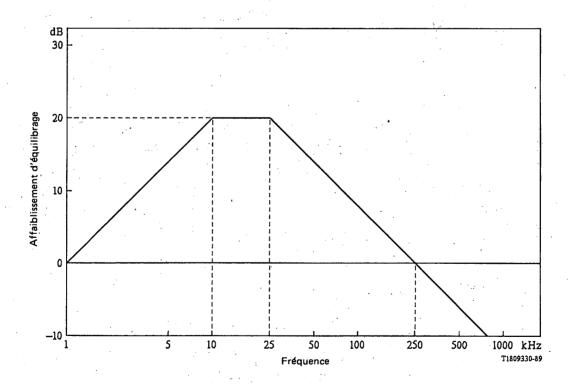
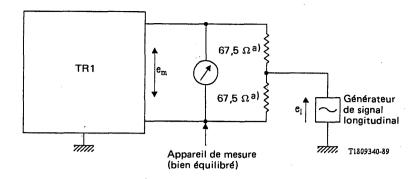


FIGURE II-14/G.961
Affaiblissement d'équilibrage minimal



a) La tolérance sur la symétrie de ces résistances doit être meilleure que 0,03%.

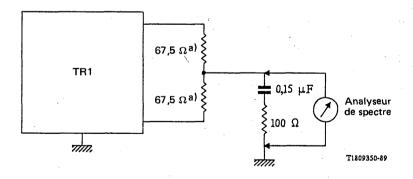
FIGURE II-15/G.961 Méthode de mesure de la symétrie longitudinale

II.13.3.2 Tension longitudinale de sortie

La composante longitudinale du signal de sortie de TR1 doit avoir une tension efficace, sur une largeur de bande quelconque de 4 kHz, calculée en moyenne sur une période quelconque d'une seconde, inférieure à -50 dBv entre 100 Hz et 170 kHz, et inférieure à -80 dBv entre 170 kHz et 270 kHz. L'observation de cette limitation est indispensable avec une terminaison longitudinale dont l'impédance est égale ou supérieure à une résistance de 100 ohms en série avec une capacité de 0,15 µF.

La figure II-16/G.961 définit une méthode de mesure de la tension longitudinale de sortie. Si l'on veut appliquer directement cette configuration d'essai, TR1 devrait être capable de générer un signal en l'absence de signal en provenance de TL.

Pour ces mesures, la référence à la terre sera la terre de l'immeuble.



a) La tolérance sur la symétrie de ces résistances doit être meilleure que 0,1%.

FIGURE II-16/G.961

Méthode de mesure de la tension de sortie longitudinale

APPENDICE III

(à la Recommandation G.961)

Caractéristiques électriques d'un système de transmission AMI

III.0 Considérations générales

Le système doit accepter une transmission duplex transparente des deux canaux B à 64 kbit/s et d'un canal D à 16 kbit/s selon les définitions de la Recommandation I.412. La transmission bidirectionnelle sur câbles à paires symétriques est fondée sur des techniques d'annulation d'écho. Une capacité additionnelle de 16 kbit/s est ajoutée à l'information de données à 144 kbit/s résultante pour fournir un canal CL (à des fins de commande, de supervision et de maintenance) et d'autres facilités de transmission.

Les trames du signal transmis contiennent des mots de verrouillage de trame qui incluent une période d'absence de signal en ligne. Ce format de trame permet, lorsque le décalage relatif entre les trames des deux directions de transmission est inférieur aux valeurs spécifiées au § III.7 de simplifier la reprise du rythme, le réglage de l'égaliseur de ligne et la mise à jour de l'annuleur d'écho.

III.1 Code en ligne

Dans les deux directions de transmission, il s'agit du code AMI.

Le train d'éléments binaires doit être codé conformément à la règle suivante:

- un UN binaire est représenté par l'absence de signal en ligne;
- un ZÉRO binaire est alternativement représenté par une impulsion positive ou par une impulsion négative.

III.2 Débit des symboles

Le débit des symboles est déterminé par le code en ligne, le débit des bits du flux d'information et la structure des trames. Il est de 160 kbauds.

III.2.1 Spécification du rythme

III.2.1.1 Précision des horloges de TR1 indépendantes

La précision de l'horloge indépendante de TR1 doit être de ± 50 ppm.

III.2.1.2 Tolérance sur le rythme de TL

TR1 et TL accepteront une précision de ± 1 ppm sur le rythme fourni par TC.

III.3 Structure des trames

La structure des trames contient un mot de verrouillage de trame, 32 fois (2B + D) et un canal CL, ainsi qu'un bit auxiliaire et un bit d'arrêt. Dans les deux directions de transmission, les trames ont la structure générale suivante:

Mot de verrouillage de trame	Α	4 [8 (2B + D) + CL]	P	

A = Bit auxiliaire

Le bit A de la trame sert à distinguer les directions de transmission et à indiquer l'établissement correct de la procédure d'activation par inversion de polarité.

P = Bit de parité

Le bit P sert à obtenir un nombre pair de ZÉRO binaires dans les trames; il est donc mis à ZÉRO binaire ou à UN binaire selon que le nombre de ZÉRO binaires de la trame est impair ou pair respectivement.

III.3.1 Longueur des trames

Le nombre d'intervalles (2B + D) d'une trame est de 32 tandis que le nombre de bits CL est de 4.

III.3.2 Attribution des bits dans la direction TL vers TR1

L'attribution des bits est indiquée à la figure III-1/G.961.

Position des bits	Utilisation		
1 à 58	mot de verrouillage de trame		
59	bit auxiliaire	•	
60 à 67	canal B1	premier intervalle	
68 à 75	canal B2	(2B + D)	
76 et 77	canal D		
. •			
			premier bloc
			[8 (2B + D) + CL]
•			•
186 à 193	canal B1		
194 à 201	canal B2	huitième intervalle	
202 et 203	canal D	(2B + D)	
204	canal CL		
•			•
•	•	•	•
•	•	•	
•		•	
•			· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
492 et 493	canal B1	premier intervalle	
494 à 508	canal B2	(2B + D)	Y
509 et 510	canal D	•	
•			quatrième bloc
			[8 (2B + D) + CL]
621 à 628	canal B1	·	
629 à 636	canal B2	huitième intervalle	
637 et 638	canal D	(2B + D)	
639	canal CL	•	•
640	bit de parité		

FIGURE III-1/G.961

Attribution des bits dans la direction TL vers TR1

III.3.3 Attribution des bits dans la direction TR1 vers TL

Elle est la même que celle décrite au § III.3.2.

III.4 Mot de verrouillage de trame (MVT)

Le mot de verrouillage de trame sert à attribuer les positions des bits aux canaux 2B + D + CL ainsi qu'aux bits A et P. Il peut aussi servir à la reprise du rythme, à la mise à jour de l'annuleur d'écho et au réglage de l'égaliseur de ligne.

III.4.1 Mot de verrouillage de trame dans la direction TL vers TR1

Le code du mot de verrouillage de trame se compose de 57 UN binaires consécutifs (codés sous forme d'absence de signal en ligne) et d'un ZÉRO binaire (impulsion en ligne positive).

III.4.2 Mot de verrouillage de trame dans la direction TR1 vers TL

Identique à celui que décrit le § III.4.1.

III.5 Procédure de verrouillage de trame

La procédure suivante est appliquée pour le verrouillage de trame:

III.5.1 Etat 1: verrouillage de trame correct

Pour passer à l'état verrouillage de trame correct, le mot de verrouillage de trame, le bit auxiliaire et le bit de parité doivent être détectés correctement trois fois de suite.

III.5.2 Etat 2: préalarme de verrouillage de trame

Pour passer à l'état de préalarme, il suffit que le mot de verrouillage de trame, le bit auxiliaire et le bit de parité ne soient pas détectés une seule fois.

III.5.3 Etat 3: perte de verrouillage de trame

Pour passer à l'état perte de verrouillage de trame, huit contrôles négatifs consécutifs de la condition définie à l'état 1 doivent être observés.

III.6 Multitrame

Pour que l'attribution des bits sur le canal CL puisse se faire sur plusieurs trames consécutives, il faut recourir à une structure de multitrame. Le début de la multitrame est déterminé par le contenu du canal CL dans un mot de verrouillage de trame tel qu'il est décrit au § III.6.1. Le nombre total de trames d'une multitrame est de 4.

III.6.1 Mot de verrouillage de multitrame dans la direction TR1-TL

La multitrame est identifiée par la détection des bits du canal CL. Le canal CL est en synchronisme avec la trame et on déduit le début d'une multitrame de la vérification d'une imparité sur les quatre bits CL d'une trame. Une trame CL compte 4 bits qui sont codés comme suit:

Structure du canal CL

I	· I ·	I	. O	Première trame
I	I	I	P	Deuxième trame
I	I	ı	P	Troisième trame
P	P	P	P	Quatrième trame

I représente les bits d'information et P et O les bits de contrôle de parité. Les bits P de la quatrième trame sont réservés à la parité verticale des trames précédentes alors que O est l'imparité de la première trame. L'évaluation de la parité s'effectue par examen des UN binaires. La première trame CL sert aussi au verrouillage de multitrame. Dans l'état de perte du verrouillage de multitrame, il n'est pas tenu compte du canal CL.

III.6.2 Mot de verrouillage de multitrame dans la direction TL vers TR1

Comme décrit au § III.6.1.

III.6.3 Procédure de verrouillage de multitrame

Le verrouillage de multitrame est fondé sur une détection correcte de la parité (ou de l'imparité) du canal CL. On admet que le verrouillage de multitrame est correct si les quatre bits de parité correspondent à la séquence horizontale impair, pair, pair, pair et à la séquence verticale pair (voir le § III.6.1). Si cette séquence n'est pas détectée, on admet se trouver dans un état de préalarme de verrouillage de multitrame puis, si une détection correcte n'est pas disponible, on admet se trouver dans un état de perte de verrouillage de multitrame. A partir de l'état de perte de verrouillage de multitrame ou de la condition de préalarme de verrouillage de multitrame, une seule détection correcte de la bonne séquence permet de faire passer le système à l'état de verrouillage correct de multitrame.

III.7 Décalage de trame entre trames TL vers TR1 et trames TR1 vers TL

TR1 synchronise ses trames sur les trames reçues de la direction TL vers TR1 et transmet ses propres trames avec le décalage spécifié au § III.7.1.

Dans TL, le décalage entre les trames dans les deux directions de transmission ne doit pas dépasser la valeur spécifiée au § III.7.2.

III.7.1 Position de trame relative à l'entrée/sortie de TR1

Le premier bit de chaque trame transmise d'une TR1 vers TL doit être retardé, nominalement, de 583 bits par rapport au premier bit de la trame reçue en provenance de TL. La figure III-2/G.961 illustre les positions relatives des bits dans les trames transmises et reçues.

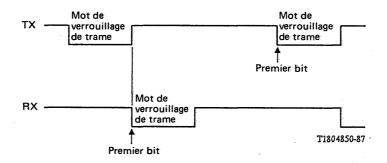


FIGURE III-2/G.961

Diagramme des temps dans TR1

III.7.2 Position relative des trames à l'entrée/sortie de TL

L'écart entre le premier bit de chaque trame émise par une TL vers la TR1 et le premier bit de chaque trame reçue de TR1 ne doit pas dépasser 583 + 13 bits. La figure III-3/G.961 montre les positions relatives des bits des trames émises et des trames reçues.

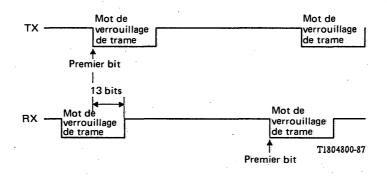


FIGURE III-3/G.961

Diagramme des temps dans TL

III.8 Canal CL

Le canal CL doit servir au transport de l'information d'activation/désactivation aux fins d'essai et de maintenance.

III.8.1 Débit binaire

Le débit binaire du canal CL est de 1 kbit/s.

III.8.2 Structure

L'information à transmettre est organisée en trames de 16 bits (quatre quadruplets dans une multitrame). Chaque trame de 16 bits contient:

- 9 bits d'information;
- 7 bits pour les contrôles de parité et la détection d'erreur et pour le verrouillage de multitrame.

En désignant par I les bits d'information, O les bits d'imparité et P les bits de parité, une trame générique peut être représentée comme indiqué au § III.6.1.

III.8.2.1 Qualité de transmission du canal CL

La qualité de transmission du canal CL doit être:

Avec un taux d'erreur sur les bits de 10^{-3} :

- la probabilité de simulation de trame doit être inférieure à 10^{-10} ;
- la probabilité de non détection d'une trame exacte en 100 ms doit être inférieure à 10^{-10} .

III.8.3 Protocoles et procédures

Les messages sur le canal CL peuvent être divisés en deux catégories:

- a) messages relatifs à la procédure d'activation/désactivation et rapport spontané d'information de maintenance non sollicité par TC;
- b) messages auxiliaires pour la maintenance. Ces fonctions impliquent des actions qui ne peuvent être lancées que par TC et qui peuvent être exécutées pendant l'état pleinement actif.

Les messages de la catégorie a) sont présentés dans un mode continu, c'est-à-dire qu'ils sont transmis en permanence sur le canal CL jusqu'à ce qu'un nouveau message doive être transmis.

Les messages servant à la transmission de ces messages permettent de transmettre des informations sur un ou sur plusieurs multiplets.

La procédure, qui ne peut être lancée que par TL/TC est la suivante:

- TL/TC émet en mode continu le premier message qui contient le premier multiplet d'information. Le premier multiplet d'information contient toujours l'adresse de l'équipement de destination vers l'aval (régénérateur, TR1). Ce message est transmis continuellement jusqu'à la réception d'un message d'accusé de réception de l'équipement de destination;
- TL/TC émet de la même façon les messages suivants qui contiennent chacun un multiplet d'information. L'équipement de destination accuse réception de chaque message émis par TL/TC;
- TC/TL émet un message de fin qui fait l'objet d'un accusé de réception comme n'importe quel autre message;
- si l'équipement de destination doit envoyer une information de réponse, on applique la même procédure que ci-dessus. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire de fournir l'adresse, l'équipement de destination étant TL/TC.

III.9 Embrouillage

L'embrouillage est appliqué sur les canaux (2B + D + CL). Le polynôme d'embrouillage est $1 \oplus x^{-9} \oplus x^{-11}$ dans les deux directions de transmission.

On utilise un embrouillage avec circuit de garde à deux seuils pour éviter de longues séquences de UN binaires.

Les figures III-4/G.961 et III-5/G.961 montrent respectivement les circuits d'embrouillage et de désembrouillage.

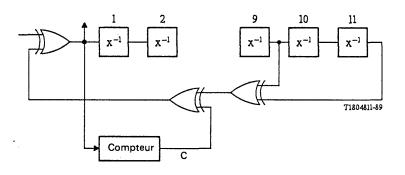


FIGURE III-4/G.961
Circuit d'embrouillage

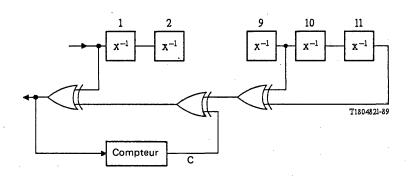


FIGURE III-5/G.961

Circuit de désembrouillage

Le compteur C est augmenté à chaque UN binaire transmis et libéré à chaque ZÉRO binaire transmis. Le compteur émet un ZÉRO binaire lorsque 16 UN binaires ont été transmis consécutivement et fait passer son seuil à 2 si un UN binaire apparaît à nouveau à son entrée. Dans cette condition, le compteur émet un ZÉRO binaire chaque fois que deux UN binaires se succèdent à son entrée. Le seuil est remis à 16 après la transmission du premier ZÉRO binaire.

III.10 Activation/désactivation

Les directions dont il est tenu compte dans la définition des procédures d'activation/désactivation peuvent être résumées comme suit:

- à l'état désactivé, il n'y a aucun signal sur la ligne;
- pendant l'activation des signaux appropriés sont émis pour accélérer la convergence de l'égaliseur, la synchronisation des bits et des trames et la convergence de l'annuleur d'écho.

On admet qu'il y a une relation d'asservissement entre TL et TR1, en sorte que si TR1 commence à demander une activation, c'est toujours TL (avec l'aval de TC) qui a l'initiative de poursuivre la procédure, puis la transmission.

Le système accepte l'activation du système de transmission et de l'interface au point de référence T, la seule activation du système de transmission et la désactivation du système de transmission et de l'interface au point de référence T ou de la seule interface au point de référence T.

Des activations à froid et à chaud sont possibles. L'activation à froid commence après la transition déconnexion de l'alimentation-mise sous tension ou à la suite de procédures de maintenance spécifiques. Le démarrage à froid concerne TR1 et TL lorsqu'elles n'ont pas enregistré suffisamment d'informations sur les coefficients de l'annuleur d'écho ou le réglage des égaliseurs, en sorte qu'il faut s'attendre à une longue activation. L'activation à chaud s'applique si TL et TR1 disposent d'informations complètes sur les coefficients de l'annuleur d'écho et sur le réglage des égaliseurs de ligne, en sorte que l'on peut prévoir une activation courte.

Le mode basse énergie se rapporte à un état dans lequel la consommation d'énergie est très faible pour TL comme pour TR1 et dans lequel il n'y a aucun signal en ligne. Cet état permet de diminuer statistiquement l'alimentation par le central. Il est clair que certaines parties du système, en particulier les sections de réception, demeurent actives pour pouvoir détecter les demandes d'activation qui arrivent.

III.10.1 Signaux utilisés pour l'activation

III.10.1.1 Signaux utilisés pour le démarrage (CL non disponible)

Pendant les procédures d'activation/désactivation, les signaux spécifiques suivants (SIG) sont échangés sur la ligne entre TL et TR:

Vers l'aval (TL vers TR1)

INFO U0 (IU0): Il n'y a aucun signal sur la ligne.

INFO U12 (IU12): Tonalité impulsionnelle de 20 kHz obtenue en répétant 72 fois le schéma suivant de 8 symboles en ligne (++++---) toutes les 8 ms et émise en mode semi-duplex.

INFO U22 (IU22): Tonalité impulsionnelle de 80 kHz obtenue en répétant 291 fois le schéma suivant de 2 symboles en ligne (+ -) toutes les 8 ms et émise en mode semi-duplex.

INFO U4 (IU4): Transmission en mode duplex. Le signal en ligne a la même structure que le signal utile, mais avec les bits des canaux B1, B2, D et CL à la valeur binaire ZÉRO. Le flux binaire est embrouillé selon une séquence pseudo-aléatoire et codé selon la règle AMI. Le deuxième bit de la trame est mis à la valeur binaire ZÉRO.

Transmission en mode duplex de données opératoires sur les canaux B et D, le canal C sert à acheminer l'information d'activation/désactivation de couche 1, d'essai et de mainte-

nance. Le deuxième bit de la trame est mis à la valeur binaire UN.

Vers l'amont (TR1 vers TL)

INFO U0 (IU0): Il n'y a aucun signal sur la ligne.

INFO U6 (IU6):

220

INFO U11 async.: Tonalité impulsionnelle de 20 kHz obtenue en répétant 72 fois le schéma suivant de 8 symboles en ligne (++++---) toutes les 16 ms et émise en mode semi-duplex.

INFO U11 sync.: Tonalité impulsionnelle de 20 kHz obtenue en répétant 72 fois le schéma suivant de 8 symboles en ligne (++++---) toutes les 8 ms et émise en mode semi-duplex en synchronisme avec INFO U12 (IU12) en provenance de TL.

INFO U21 (IU21): Tonalité impulsionnelle de 80 kHz obtenue en répétant 291 fois le schéma suivant de 2 symboles en ligne (+-) toutes les 8 ms et émise en mode semi-duplex.

INFO U3 (IU3):

Transmission en mode duplex. Le signal en ligne a la même structure de trame que le signal utile, mais avec les bits des canaux B1, B2, D et CL à la valeur binaire ZÉRO. Le flux binaire est embrouillé avec une séquence pseudo-aléatoire et codé selon la règle AMI. Le deuxième bit de la trame est mis à la valeur binaire UN.

INFO U5 (IU5): Transmission en mode duplex de données opératoires sur les canaux B et D. Le canal CL sert à acheminer l'information d'activation/désactivation de couche 1, d'essai et de maintenance. Le deuxième bit de la trame est mis à la valeur binaire ZÉRO.

III.10.1.2 Bits sur le canal CL

Les bits I (voir le § III.6.1) des canaux CL servent à acheminer les commandes d'activation/désactivation et les commandes/rapports d'essai et de maintenance, alors que les bits P et O servent au contrôle de parité et à la détection d'erreurs et sont codés en conséquence. Seuls les signaux d'activation/désactivation qui sont échangés entre TL et TR1 et qui sont acheminés par le canal CL sont indiqués ci-dessous.

Bits I du canal CL entre TL et TR1

000010001 DEMANDE D'ACTIVATION (AR)

Demande d'activation de toute la couche 1, le système de transmission et l'interface au point de référence T sont activés.

000001111 DEMANDE D'ACTIVATION DU SYSTÈME DE TRANSMISSION (UAR)

Demande d'activation du seul système de transmission. Comme dans le cas de la commande AR, la procédure d'activation est exécutée automatiquement. Si l'interface au point de référence T est active, elle doit être désactivée.

000010011 DEMANDE D'ACTIVATION avec BOUCLE 2 (AR2)

Demande d'activation avec boucle 2 en TR1.

000000001 DEMANDE DE DÉSACTIVATION (DR)

Demande de désactivation du système de transmission. TL et TR1 exécutent automatiquement la procédure de désactivation.

Bits I du canal CL de TR1 vers TL

000001001 RESYNCHRONISATION (RSY)

L'indication RSY est introduite par l'interface T lorsque la synchronisation à l'interface au point de référence T a été perdue et que des données non valides sont disponibles.

000011001 INDICATION D'ACTIVATION (AI)

La procédure d'activation à l'interface au point de référence T a été achevée avec succès jusqu'aux équipements terminaux lorsque l'AI est active.

000011101 INDICATION D'ACTIVATION avec BOUCLE 2 (AIL)

La connexion par la boucle 2 à l'interface T a été établie. Après une commande ARL, le signal d'indication AIL accuse réception de l'arrivée d'une AI.

000001111 INDICATION D'ACTIVATION DU SYSTÈME DE TRANSMISSION (UAI)

Le système de transmission est activé dans TR1 et cette information est transférée à TL/TC, l'interface au point de référence T n'est pas activée.

III.10.2 Définition des temporisateurs internes

Pendant les procédures d'activation/désactivation, on utilise les temporisateurs suivants:

- Temporisateur A: situé dans TR1, il a deux significations: pendant la procédure d'activation, il a la valeur de 8 s (limite supérieure du temps d'activation). L'activation réalisée, il prend la valeur de 500 ms (temps de garde pour éviter une désactivation intempestive due à l'interruption du signal ou à la perte de trame en ligne en provenance de TL).
- Temporisateur 2: situé dans TR1, sa valeur est fixée à 50 ms et il doit éviter toute réactivation intempestive par un TC.

III.10.3 Description de la procédure d'activation

III.10.3.1 Description de la procédure d'activation par TL

La figure III-6/G.961, fondée sur une séquence de fonctionnement, résume la procédure d'activation à partir de TC. La procédure d'activation débute par une demande d'activation (EF1) en provenance de TC. TL commence la procédure en envoyant un EF2 vers TC et en émettant INFO U12 (IU12) sur la ligne. A réception de INFO U11 (IU11) en provenance de TR1, TL transmet INFO U22 (IU22) vers TR1. INFO U22 (IU22) est utilisée par TR1 pour le réglage de l'égaliseur de ligne (seulement en cas de démarrage à froid), la reprise du rythme et le réglage du seuil de décision AMI. Une fois que TR1 a terminé sa procédure d'apprentissage, elle transmet INFO U21 (IU21) vers TL. Ce SIG est utilisé par TL pour le réglage de l'égaliseur de ligne (seulement en cas de démarrage à froid), la reprise du rythme et le réglage des seuils de décision AMI.

alors INFO U4 (IU4), qui est utilisée par TR1 pour la mise à jour de l'annuleur d'écho (période d'apprentissage courte en cas de démarrage à chaud, longue en cas de démarrage à froid). A la fin de cette période d'apprentissage, TR1 émet INFO U3 (IU3) qui est utilisée par TL à des fins identiques à celles qui viennent d'être précisées dans le cas de TR1. Une fois terminées toutes les périodes d'apprentissage, TL émet INFO U6 (IU6) (canaux B et D en état d'exploitation), les bits I du canal CL transportant la commande EF1. TR1 répond par INFO U5 (IU5) (canaux B et D en état d'exploitation), avec code EF3 dans les bits I du canal CL si l'interface au point de référence T n'est pas active, puis par INFO U5 (IU5) avec EF4 si l'interface au point de référence T est active.

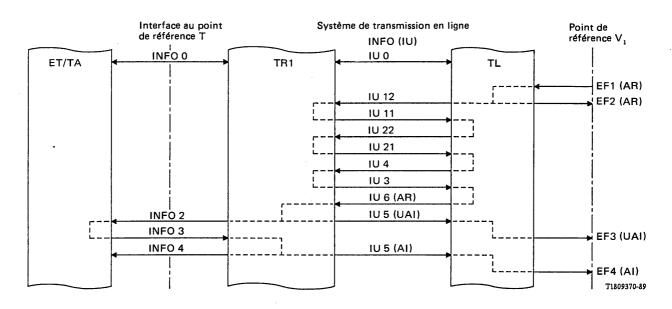


FIGURE III-6/G.961
.
Activation de couche 1 à partir du réseau

III.10.3.2 Description de la procédure d'activation par TR1

La figure III-7/G.961, fondée sur une séquence de fonctionnement, résume la procédure d'activation à partir du côté usager. Cette procédure débute par une demande d'activation INFO U11 async. (IU11 async) en direction de TL. TL transmet cette information à TC avec EF2 et attend l'envoi d'EF1 par TC pour donner suite à la procédure d'activation. Si TC donne son aval au moyen d'EF1, la procédure d'activation reprend comme indiqué au § III.10.3.1.

III.10.3.3 Description de la procédure de désactivation

La désactivation de la couche 1 est exclusivement exécutée physiquement sous le contrôle complet de TL/TC. La désactivation est lancée par TC qui envoie EF3 vers TL. TL transmet INFO U6 (IU6) avec la commande DR dans les bits I du canal CL. TR1 envoie INFO 0 à l'interface au point de référence T et renvoie INFO U0 (IU0) vers TL. La figure III-8/G.961, fondée sur une séquence de fonctionnement résume cette procédure de désactivation.

III.10.4 Tableau de transition des états de TR1

Le comportement détaillé de la procédure d'activation/désactivation à TR1 est décrit dans le tableau III-1/G.961 en fonction des INFO, des SIG et des temporisateurs internes.

La boucle 2 ne peut être demandée qu'à partir d'un état de désactivation, en sorte que nulle transition de boucle 2 vers un état actif n'est possible.

III.10.5 Tableau de transition des états de TL

Le comportement détaillé de la procédure d'activation/désactivation à TL est décrit dans le tableau III-2/G.961 en fonction des INFO, des SIG et des temporisateurs internes.

La boucle 1 ne peut être demandée qu'à partir d'un état de désactivation, en sorte que nulle transition de boucle 1 vers un état actif n'est possible. Il se peut que, après la boucle 1, une longue activation (démarrage à froid) soit requise, car le système risquerait de perdre toutes les informations sur l'égaliseur de ligne, les coefficients de l'annuleur d'écho, etc.

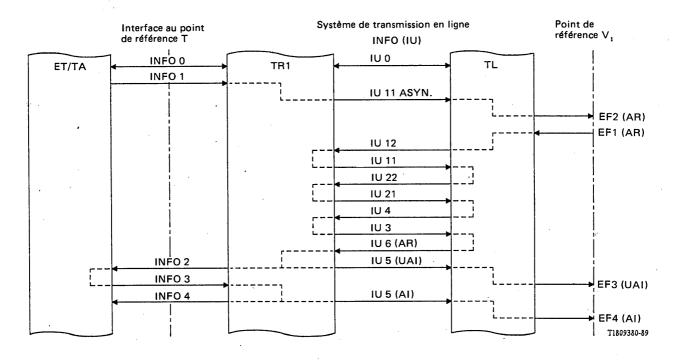


FIGURE III-7/G.961

Activation de couche 1 à partir du côté usager

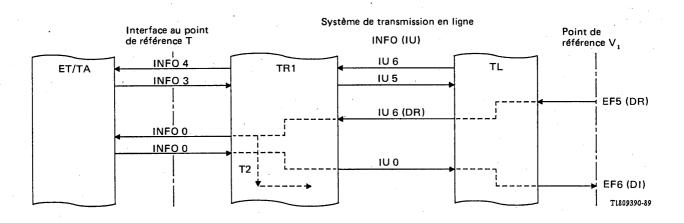


FIGURE III-8/G.961

Désactivation de couche 1

223

TABLEAU III-1/G.961 Tableau de transition des états de TR1 (matrice d'états internes-TR)

	Etat	TR1	TR2	TR3	TR4	TR5	TR6	TR7	TR8	TR9	TR10	TR11	TR12	TR13	TR14	TR15
Ta:	· Nom	Désactiva- tion	Attente d'activation phase 1	Attente d'activation phase 2	Attente d'activation phase 3	Attente d'activation phase 4	Ligne active seulement	Attente activation T int.	Interface T + ligne active	Perte de trame à U en TR6	Perte de trame à U en TR8, 9	Attente désactiva- tion exp. AT	Attente désactiva- tion IU6 (DR)	Attente sactiva- on IU6 (DR) U interactif boucle 2 US + X UAI ou RSY NFO 0 INFO 2 TR1 // TR14 // TR1 // TR1 // - // - // - // - // - // - // - // - // - // - // - // - // - // - // - // - // - //	Boucle 2 active	Perte de trame à U boucle 2
Fascicule I	Signaux Ligne Tx INFC	IU0	IU11 asy	IU11	IU21	IU3	IU5 + UAI à CL	IU5 + X à CL	IU5 + UAI à CL	IU0	IU0	IU0	IU5 + X à CL	UAI	IU5 + UAI à CL	IU0
111.5	Nouvel S/T événement RX	INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 2	INFO 4	INFO 0	INFO X	INFO 0	INFO 0	INFO 2	INFO 4	INFO X
Rec.	INFO 0	-	_	_	-	_	_	_	TR7	_		TR1	TR1	//	TR13	_
	INFO 1	TR2			_		 (remarque)	_	TR7	_	_	_				
L/S G.961	INFO 2		1			,				1			1	TR14		_
	. INFO 3	/	//	/	/	/	/	TR8	_	/	_	_	-	/		
{	Perte de verrouillage de trame à T int.	/	/	/	/	/	/	/	TR7	_ /	/		_	/	TR13	/
	Expiration T2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	TR1	TR1	/	/	/
	Expiration TA	/	ST.T2 TR11	ST.T2 TR11	ST.T2 TR11	ST.T2 TR11	/	/	/	TR1	ST.T2 TR11	/		/	/	ST.T2 TR11
[IU0 ·			ST.TA	ST.TA	ST.TA			_	_	-		_			-
	IU12	TR3	TR3	-	ST.TA	ST.TA	/	/	1	/	/	-	_	/	/	. /
	IU22	/	/	Stop TA TR4	_	ST.TA	/	/	/	/	1	_		/	/	/
	IU4	/	/	ST.TA	Stop TA TR5	_	/	//	/	//	/		_	/	/	/
Ξ	IU6 + AR à CL	/	/	/	/	Stop TA TR7	TR7	-	_	/	/	_		/	. /	/
LIGNE	IU6 + UAR à CL	/	/	/ .	/	Stop TA TR6	-	/	TR6	/	/		_	/	//	//
	IU6 + AR2 à CL	/	/	/	/	Stop TA TR13	/	/	/	//	/			_	_	/ -
	IU6 + DR à CL	/	/	/	/	/	TR1	ST.T2 TR12	ST.T2 TR12	//	/	-	_	ST.T2 TR12	ST.T2 TR12	/
	Perte de verrouillage de trame à U int.	/	/	/	/	/	ST.TA TR9	ST.TA TR10	ST.TA TR10	-	_	/	/	ST.TA TR15	ST.TA TR15	_
	Reprise de verrouillage de trame à U in	. /	/	/	/	/	/ /	/	/	Stop TA TR6	Stop TA TR7 ou TR8	//	//	/	//	Stop TA TR13 ou TR14

Remarque – En ce qui concerne les symboles, les abréviations et la remarque, se reporter après le tableau III-2/G.961.

LIGNE

TABLEAU III-2/G.961 Tableau de transition d'état de TL (matrice d'état TL)

Etat	TL1	TL2	TL3	TL4	TL5	TL6	TL7	TL8	TL9	TL10	TL11	TL12	TL13
Nom	Désactivation	Attente activation	Attente activation phase 1	Attente activation phase 2	Attente activation phase 3	Attente activation phase 4	Ligne active seule	Interface T ou boucle 2 active	Perte de trame à U en TL8	Perte de trame à U en TL7	Indicateur d'erreur distante	Perte de trame à U en TL11	Attente désactivation
Signaux Ligne Tx INFO	IU0	IU0	IU12	IU22	IU4	IU6 + EF à CL	IU6 + EF à CL	IU6 + EF à CL	IU6 + EF à CL	IU6 + EF à CL	IU6 + EF à CL	IU6 + EF à CL	IU6 + EF à CL
Nouvel V ₁ événement RX	EF 6 (DI)	EF 2 (AR)	EF 2 (AR)	EF 2 (AR)	EF 2 (AR)	EF 2 (AR)	EF 3 (UAI)	EF 4 (AI)	EF 7 (RSY)	EF 7 (RSY)	EF 7 (RSY)	EF 7 (RSY)	EF reçu de CL
EF 1 (AR)	TL3	TL3	_	-	_	_	_	_	_	_	_	_	_
EF 11 (UAR)	TL3	/	÷	_	_	_	_	-	-	_	_	_	-
EF 9 (ARL)	TL4	/	/	_	_	_	_	-	_	_	-	_	
EF 8 (AR2)	TL3	/ /	1	1	-	· -	- .	-	_	_	_		-
EF 10 (AR4)	TL3	/	-	_	_	_	<u>-</u> ,	_	-	_	_	_	-
EF 5 (DR)	_	-	TL1	TL1	TL1	TL1	TL13	TL13	TL1	TL1	TL13	TL1	
IU11 asyn.	TL2	-	_	_	_		_	_	-	_	-	_	ı
IU11	/	TL1	TL4	-	1	_	-	_	ı	-	-	_	1
IU21	/	TL1	-	TL5	1	_	_	_	-	-	_	_	-
IU3	//	TL1		-	TL6	_	-	_	-	-	_	_	-
IU5 + UAI à CL	/	TL1		-	-	TL7	-	TL7	ı	-	TL7	-	_
IU5 + AI à CL	/	TL1	1	-	1	TL8	TL8	_	ı	_	TL8	_	_
IU5 + AR à CL	/	/	/	/	/	/	TL6	/	/	/	/	/	/
· IU0	-	TL1	_	. 1.	. –	_	_	_	-	-	- L8	_	TL1
IU5 + RSY à CL	/	TL1		_	-	_	TL11	TL11	-	_	-	_	_
Perte de verrouillage de trame à U int.	/	/	/ /	/	. /	/	TL10	TL9	-	_	TL12	-	TL1
Reprise de verrouillage de trame à U int.	/	/	/	/,	/	/ \	1.	/	TL8	TL7	/	TL11	/

Evénement impossible

Aucun changement d'état

Evénement impossible selon la définition du service de couche 1

INFO IU5 + X Signal en ligne avec message X sur canal CL

INFO IU6 + X Signal en ligne avec message X sur canal CL

ST.T2 Départ du temporisateur T2

ST.TA Départ du temporisateur TA

INFO IU6 + EF Signal en ligne avec message sur canal CL se rapportant à EF à l'interface V₁ en provenance de TC1.

Remarque - TR1 émet AR au lieu de UAI sur le canal CL.

III.10.6 Temps d'activation

Le temps d'activation à partir d'un démarrage à chaud devrait être inférieur à 300 ms.

Dans le cas d'un démarrage à froid, le temps d'activation devrait être inférieur à 4 secondes.

III.11 Gigue

Les tolérances relatives à la gigue doivent garantir que les limites stipulées par la Recommandation I.430 sont confirmées par les limites applicables au système de transmission sur lignes locales. Les limites de gigue mentionnées ci-dessous doivent être observées quelle que soit la longueur de la ligne et indépendamment de la présence d'un régénérateur, à condition d'être couvertes par les caractéristiques du moyen de transmission (voir le § 3). Ces limites doivent être respectées quel que soit le schéma des bits transmis sur les canaux B, D et CL.

III.11.1 Tolérance relative à la gigue sur le signal entrant dans TR

TR1 respectera les objectifs de performance avec un dérapage/gigue à la valeur maximale indiquée à la figure III-9/G.961 pour une gigue à une seule fréquence entre 1 Hz et 40 kHz superposée à la source du signal de mesure. TR1 doit également respecter les objectifs de performance relatifs au dérapage maximal par jour de 3 IU crête à crête avec un taux maximal de changement de phase de 0,6 IU/heure.

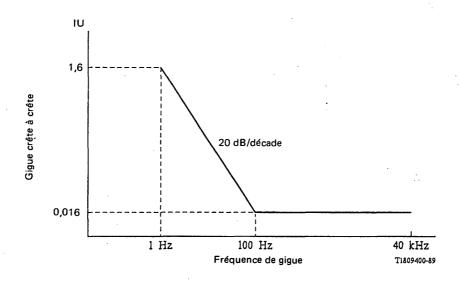


FIGURE III-9/G.961
Gigue minimale admissible sur le signal d'entrée à TR1

III.11.2 Limite sur la gigue à la sortie de TR

Avec des dérapages/gigues tels que spécifiés au § II.11.1 superposés au signal entrant dans TR1, la gigue sur le signal émis par TR1 vers le réseau doit être conforme aux indications suivantes:

- a) la gigue doit être égale ou inférieure à 0,08 IU crête à crête et inférieure à 0,02 IU efficace lorsqu'elle est mesurée avec un filtre passe-haut ayant une décroissance de 20 dB/décade au-dessous de 100 Hz;
- b) la gigue sur la phase du signal de sortie par rapport à celle sur la phase du signal d'entrée (en provenance du réseau) ne doit pas dépasser 0,08 IU crête à crête ou 0,02 IU efficace lorsqu'elle est mesurée avec un filtre passe-bande ayant une décroissance de 20 dB/décade au-dessus de 200 Hz et de 20 dB/décade au-dessous de 0,1 Hz. Cette condition s'applique dans le cas d'une gigue superposée sur la phase du signal d'entrée telle que spécifiée au § III.11.1 pour la gigue sur une seule fréquence au-dessous de 100 Hz.

III.11.3 Conditions d'essai pour la mesure de la gigue

Les mesures de gigue ont été exécutées en utilisant des points de mesure.

III.12 Caractéristiques de sortie des émetteurs de TR1 et de TL

Les spécifications suivantes s'appliquent avec une impédance de charge de 130 ohms.

III.12.1 Amplitude des impulsions

L'amplitude nominale (de zéro à la valeur de crête) de l'impulsion la plus forte doit être de 2 V avec une tolérance de \pm 10%.

III.12.2 Forme des impulsions

La forme des impulsions doit être conforme au gabarit de la figure III-10/G.961.

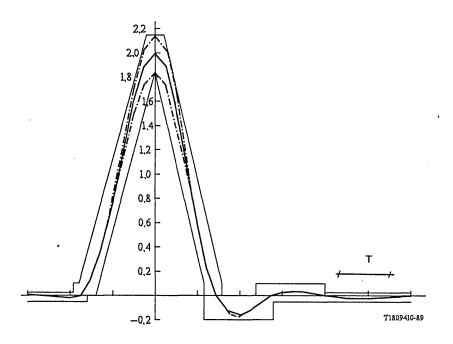


FIGURE III-10/G.961

Gabarit des impulsions émises

III.12.3 Puissance du signal

La puissance moyenne du signal est comprise entre 8 dBm et 9 dBm.

III.12.4 Spectre de puissance

La limite supérieure de la densité spectrale de puissance est définie par le gabarit de la figure III-11/G.961.

III.12.5 Non-linéarité du signal de l'émetteur

Elle doit être inférieure à 1 %.

III.13 Terminaison de l'émetteur-récepteur

III.13.1 Impédance

L'impédance nominale d'entrée/sortie respectivement vers TR1 ou vers TL doit être de 130 ohms.

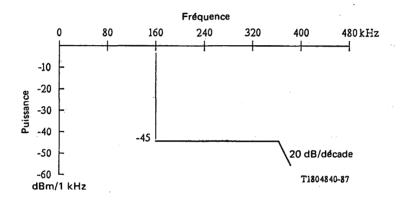


FIGURE III-11/G.961

Gabarit de la densité spectrale de puissance émise

III.13.2 Affaiblissement d'équilibrage

L'affaiblissement d'équilibrage de l'impédance doit être supérieur à 11 dB entre 5 et 60 kHz et supérieur à 16 dB entre 60 et 100 kHz.

III.13.3 Affaiblissement de conversion longitudinale

L'affaiblissement de conversion longitudinale minimal doit avoir la valeur suivante:

- 45 dB jusqu'à 80 kHz;
- 40 dB au-dessus de 80 kHz.

APPENDICE IV

(à la Recommandation G.961)

Caractéristiques électriques d'un système de transmission AMI appliquant la méthode TCM

IV.1 Code en ligne

Le code en ligne est le code AMI dans les deux directions de transmission. Le schéma de codage doit être exécuté de telle sorte qu'un ZÉRO binaire est représenté par une absence de signal en ligne alors qu'un UN binaire l'est alternativement par une impulsion positive ou par une impulsion négative.

IV.2 Débit des symboles

Le débit des symboles est déterminé par le code en ligne, la rapidité du flux d'information et la structure de trame. Le débit des symboles est de 320 kbauds.

IV.2.1 Spécifications de rythme

IV.2.1.1 Précision de l'horloge indépendante de TR1

La précision de l'horloge indépendante de TR1 est de ± 50 ppm.

IV.2.1.2 Tolérance relative au rythme fourni à TR1

TR1 accepte une précision du rythme fourni par TL de ± 10 ppm.

IV.2.1.3 Tolérance relative au rythme à TL

TL accepte une précision du rythme fourni par TC de ± 10 ppm.

IV.3 Structure de trame

La structure de trame contient un mot de verrouillage de trame, N fois (2B + D) et un canal CL.

	•			
Mot de verrouillage de trame	Canal CL	N fois (2B + D)	P	Espace

2,5 ms

IV.3.1 Longueur des trames

Le nombre N d'intervalles (2B + D) contenu dans une trame est vingt.

IV.3.2 Attribution des bits dans la direction TL vers TR1

La figure IV-1/G.961 représente l'attribution des bits.

IV.3.3 Attribution des bits dans la direction TR1 vers TL

La figure IV-2/G.961, représente l'attribution des bits.

P Bit de parité: le bit P sert à obtenir un nombre pair de UN binaires dans une trame; à cette fin, il est mis à la valeur binaire UN ou ZÉRO selon que le nombre de UN binaires de la trame est respectivement impair ou pair.

Positions des bits	1~8	9	10	11~13	14~16	XX (remarque)	YY (remarque)	ZZ (remarque)	VV (remarque)	377	378~800
Fonctions	Mot de verrouil- lage de	Bit de contrôle	Bit de verrouillage de multitrame	Bits de contrôle	Bits CRC	Canal B ₁ Canal D	Canal D	Canal B₂	Canal D	Bit de	Espace (pas de signal en
	trame		Cana	l CL						puc	ligne)

Remarque - XX = (17 + 18n) jusqu'à (24 + 18n); où n = $0 \sim 19$. YY = 25 + 18n ; où n = $0 \sim 19$. ZZ = (26 + 18n) jusqu'à (33 + 18n); où n = $0 \sim 19$. VV = 34 + 18n ; où n = $0 \sim 19$.

FIGURE IV-1/G.961

Attribution des bits dans la direction TL vers TR1

Positions des bits	1~8	9	10	11 ~ 13	14~16	XX (remarque)	YY (remarque)	ZZ (remarque)	VV (remarque)	377	378 ~ 800
Fonctions	Mot de verrouil- lage de	Bit d'information	Bit de verrouillage de multitrame	Bits d'information	Bits CRC	Canal B ₁	Canal D	Canal B ₂	Canal D	Bit de	Espace (pas de signal en
	trame	Canal CL								Parito	ligne)

Remarque - XX = (17 + 18n) jusqu'à (24 + 18n); où n = $0 \sim 19$. YY = 25 + 18n ; où n = $0 \sim 19$. ZZ = (26 + 18n) jusqu'à (33 + 18n); où n = $0 \sim 19$. VV = 34 + 18n ; où n = $0 \sim 19$.

FIGURE IV-2/G.961

Attribution des bits dans la direction TR1 vers TL

IV.4 Mot de verrouillage de trame (MVT)

Le mot de verrouillage de trame sert à attribuer les positions de bits aux canaux 2B + D + CL. Il peut aussi être utilisé pour d'autres fonctions.

IV.4.1 Mot de verrouillage de trame dans la direction TL vers TR1

Le code pour le mot de verrouillage de trame est «100000M0»; M est un bit alternativement UN et ZÉRO dans chaque trame.

IV.4.2 Mot de verrouillage de trame dans la direction TR1 vers TL

Le code pour le mot de verrouillage de trame est «1000000M»; M est un bit alternativement UN et ZÉRO dans chaque trame.

IV.5 Procédure de verrouillage de trame

La procédure de verrouillage de trame est définie ci-dessous.

a) Etat de verrouillage de trame

Le système de transmission est considéré comme étant dans l'état de verrouillage de trame si le mot de verrouillage de trame a été identifié dans la même position dans trois trames consécutives.

b) Etat de perte du verrouillage de trame

Le système de transmission est considéré comme étant dans l'état de perte de verrouillage de trame si le mot de verrouillage de trame n'a pas été identifié dans la position attendue dans la trame au cours de six trames avant que le mot de verrouillage de trame ne soit identifié dans la position de verrouillage de trame pendant douze trames.

IV.6 Multitrame

Pour permettre d'attribuer les bits du canal CL sur plusieurs trames consécutives, on peut utiliser une structure de multitrame. Le début de la multitrame est déterminé par le mot de verrouillage de trame. Le nombre total de trames contenu dans une multitrame est de quatre.

IV.6.1 Mot de verrouillage de multitrame dans la direction TL vers TR1

La multitrame est identifiée par le bit de multitrame attribué dans le canal CL. Le code pour le mot de verrouillage de multitrame, qui est défini par les bits de multitrame de quatre trames consécutives dans l'état de verrouillage de trame, est «1000».

IV.6.2 Mot de verrouillage de multitrame dans la direction TR1 vers TL

Comme défini au § IV.6.1.

IV.7 Décalage entre trames dans la direction TL vers TR1 et trames dans la direction TR1 vers TL

TR1 synchronise sa trame sur la trame reçue dans la direction TL vers TR1 et la transmet avec un décalage. La position de trame relative à l'entrée/sortie de TR1 est définie comme suit. Le premier bit de chaque trame transmise par TR1 vers TL est retardé de 383 à 384 bits par rapport au premier bit de la trame reçue de TL.

IV.8 Canal CL

IV.8.1 Débit binaire

Le débit binaire du canal CL est de 3,2 kbit/s.

IV.8.2 Structure

- a) Trente-deux bits (3,2 kbit/s) sont attribués dans une multitrame à l'usage du canal CL.
- b) Quatre bits (0,4 kbit/s) sont attribués aux bits de verrouillage de multitrame.
- c) Seize bits (1,6 kbit/s) sont attribués aux fonctions de maintenance et de contrôle opérationnel dans la direction TL vers TR1 et à la maintenance et aux fonctions d'information opérationnelle dans la direction TR1 vers TL.
- d) Douze bits (1,2 kbit/s) sont attribués à une fonction de contrôle de redondance cyclique (CRC).

IV.8.3 Protocoles et procédures

Les protocoles et procédures de maintenance/commande opérationnelle/information sont les suivants:

- a) les modes de transfert sont axés sur les bits;.
- b) les modes d'émission sont continus;
- c) l'identification est confirmée par la réception de bits identiques dans trois multitrames consécutives dans l'état de verrouillage de trame;
- d) la durée des appels de commande est aussi longue que l'identification de la commande d'émission;
- e) la durée des appels d'information est aussi longue que l'identification de l'événement cause.

IV.9 Embrouillage

L'embrouillage est appliqué sur les canaux 2B + D, l'algorithme suivant étant utilisé à cette fin:

- dans la direction TL vers TR1: $x^9 \oplus x^5 \oplus 1$
- dans la direction TR1 vers TL: $x^9 \oplus x^5 \oplus 1$

IV.10 Activation/désactivation

L'activation/désactivation est définie au § 5 de la Recommandation G.960. Les applications fournies par le système de transmission sont décrites de la façon suivante.

IV.10.1 Signaux utilisés pour l'activation

La définition des signaux utilisés pour l'activation/désactivation (SIG) est donnée ci-dessous. Les signaux servant pour le démarrage (aucun bit n'est disponible sur le canal CL) et les bits du canal CL (dans les trames déjà établies) sont définis.

- a) Signaux utilisés pour le démarrage (canal CL non disponible):
 - SIG 0 (TR1 vers TL et TL vers TR1): aucun signal en ligne.
 - SIG 1 (TL vers TR1): un signal qui désactive la ligne et l'interface au point de référence T.
 - SIG 2 (TR1 vers TL): un signal de réveil qui appelle la couche 1 TL qui doit passer à l'état sous tension et permettre l'activation de la ligne et de l'interface au point de référence T. Il est appelé par la réception du signal INFO 1 aux bornes du point de référence T si l'activation vient du côté de l'usager. Ce signal sert aussi comme accusé de réception de réveil pour le signal SIG 3 dans le cas d'une activation venant du côté réseau.
 - SIG 3 (TL vers TR1): un signal de réveil qui appelle la couche 1 TR1 qui doit passer à l'état sous tension et préparer la synchronisation sur un signal arrivant de TL. Ce signal sert aussi d'accusé de réception de réveil pour le signal SIG 2 dans le cas d'une activation venant du côté de l'usager.
 - SIG 4 (TL vers TR1): signal qui contient l'information de verrouillage de trame et qui permet la synchronisation du récepteur de TR1.
 - SIG 5 (TR1 vers TL): signal qui contient l'information de verrouillage de trame et qui permet la synchronisation du récepteur de TL. Il informe TL que TR1 s'est synchronisée sur le signal SIG 4.
- b) Bits du canal CL dans une trame déjà établie:
 - SIG 6 (TL vers TR1): signal qui exige que TR1 établisse toute la capacité de transfert d'information de couche 1 disponible entre TR1 et TL et qui oblige TR1 à activer l'interface T en envoyant le signal INFO 2 par le point de référence T.
 - SIG 7 (TL vers TR1): signal qui exige que TR1 établisse toute la capacité de transfert d'information de couche 1 disponible entre ET et TC en émettant le signal INFO 4 par le point de référence T.
 - SIG 8 (TR1 vers TL): signal qui indique que l'interface au point de référence T est activée et exige que TL fournisse toute la capacité de transfert d'information de couche 1 disponible entre ET et TC. Il est appelé par la réception du signal INFO 3 par le point de référence T.
 - SIG 9 (TL vers TR1): signal qui exige que TR1 établisse toute la capacité de transfert d'information de couche 1 disponible entre TR1 et TL et oblige TR1 à activer la boucle 2.
 - SIG 10 (TR1 vers TL): signal qui indique que la boucle 2 est activée dans TR1 et qui oblige TL
 à fournir toute la capacité de transfert d'information de couche 1 disponible entre TR1 et TL.
 - SIG 11 (TL vers TR1 et TR1 vers TL): signal de synchronisation qui contient l'information de verrouillage de trame et les canaux 2B + D + CL.

- SIG 12 (TR1 vers TL): signal qui indique que le récepteur sur le côté interface T de TR1 est passé à l'état de perte de verrouillage de trame.
- SIG 13 (TL vers TR1): signal qui indique que le récepteur sur le côté ligne de TL est passé à l'état de perte de verrouillage de trame et qui contient aussi une fonction telle que le signal SIG 4
- SIG 14 (TR1 vers TL): signal de synchronisation qui contient l'information de verrouillage de trame et les canaux 2B + D + CL; les bits des canaux 2B + D sont mis à l'état de repos.

Remarque – La définition de l'élément de fonction (EF) au point de référence V₁ est décrite au § 5.4 de la Recommandation G.960. La liste des EF servant à l'activation/désactivation est donnée dans le tableau IV-1/G.961.

TABLEAU IV-1/G.961
Répertoire des éléments de fonction associés aux procédures d'activation/désactivation

EF	Direction	Répertoire
EF 1	TC vers TL	Demande d'activation pour l'interface au point de référence T
EF 5	TC vers TL	Demande de désactivation pour la ligne et l'interface au point de référence T
EF 9	TC vers TL	Demande d'activation pour la boucle 1
EF 8	TC vers TL	Demande d'activation pour la boucle 2
EF 4	TL vers TC	L'interface au point de référence T est activée ou une boucle est établie
EF 3	TL vers TC	La ligne est activée
EF 6	TL vers TC	La ligne et l'interface au point de référence T sont désactivées
EF 7	TL vers TC	Indication d'erreur
EF 2	TL vers TC	Demande de déclenchement du temporisateur T1 dans TC couche 1

IV.10.2 Définition des temporisateurs internes

Le temporisateur T2 (voir le § 6 de la Recommandation I.430) se trouve dans la TL de la couche 1.

IV.10.3 Description de la procédure d'activation

- a) Activation à partir du côté réseau: voir la figure IV-3/G.961.
- b) Activation à partir du côté usager: voir la figure IV-4/G.961.
- c) Désactivation à partir du côté réseau: voir la figure IV-5/G.961.
- d) Activation de la boucle 2: voir la figure IV-6/G.961.

Remarque 1 – L'activation du seul système de ligne, alors que toute la capacité de transfert d'information est disponible, tandis que l'interface au point de référence T demeure désactivée, n'est pas prévue.

Remarque 2 — Une boucle 1 non transparente dans laquelle aucun signal en ligne n'est transmis au point 2 fils de TL est fournie.

Remarque 3 — Une boucle 2 non transparente sur laquelle INFO 0 est émis par TR1 à l'interface au point de référence T est fournie.

Remarque 4 - L'application d'un répéteur n'est pas possible.

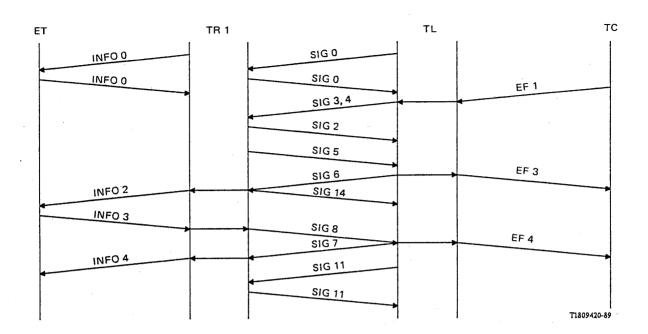


FIGURE IV-3/G.961

Activation depuis le côté réseau

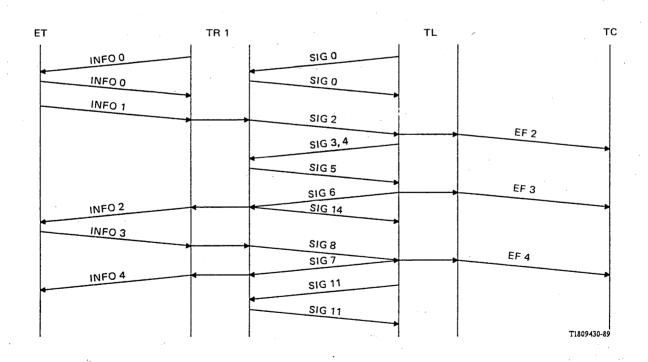


FIGURE IV-4/G.961
Activation depuis le côté usager

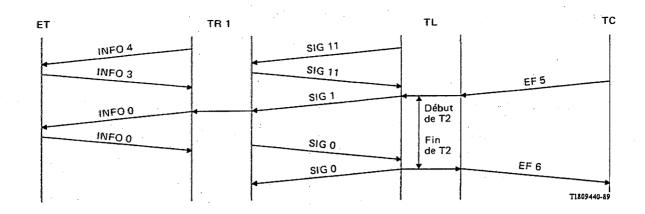


FIGURE IV-5/G.961

Désactivation depuis le côté réseau

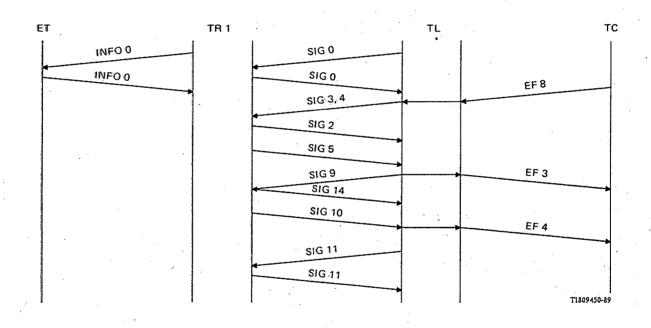


FIGURE IV-6/G.961
Activation de boucle 2

IV.10.4 Tableau de transition des états de TR1

Le tableau de transition des états de TR1 en fonction des INFO et des SIG est précisé au tableau IV-2/G.961.

IV.10.5 Tableau de transition des états de TL

Le tableau de transition des états de TL en fonction des EF, des SIG et du temporisateur interne T2 est précisé au tableau IV-3/G.961.

TABLEAU IV-2/G.961

Tableau de transition des états de TR1

	Etat	Désactivé	Attente d'activation (aliment.)	Attente d'activation de la ligne côté TR1	Attente d'activation de la ligne côté TL	Ligne activée	Interface T pré-activée	Interface T active	Perte de verrouillage de trame à interface T	Ligne activée	Boucle 2 activée
Evéne- ment	Code de l'état	TR 1.0	TR 1.1	TR 1.2	TR 1.3	TR 1.4	TR 1.5	TR 1.6	TR 1.7	TR 2.1	TR 2.2
,	_	INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 2	INFO 2	INFO 4	INFO 2	INFO 0	INFO 0
	Тх	SIG 0	SIG 2	SIG 2	SIG 5	SIG 14	SIG 8	SIG 11	SIG 12	SIG 14	SIG 10 SIG 11
S	IG 1	/	TR 1.0	TR 1.0	TR 1.0	TR 1.0	TR 1.0	TR 1.0	TR 1.0	TR 1.0	TR 1.0
S	IG 3	TR 1.2	TR 1.2	_		/	/	/	/	/	/
	côté TR1 ctivée	/	/	TR 1.3	_		_	_	_	-	-
S	IG 6	/	/	/	TR 1.4	_	-			_	-
S	IG 7	/	/	/	/	/	TR 1.6	_	-	/	/
S	IG 9	/	/	/	TR 2.1	/	/	/	' /	_	
SI	IG 13	/	/	/	-	TR 1.3	TR 1.3	TR 1.3	TR 1.3	TR 1.3	TR 1.3
de t	verrouillage trame à rface T	/		/	. /	/	TR 1.7	TR 1.7	_	/	/
de trame	verrouillage à ligne côté TR1	. /	/	/	TR 1.2	TR 1.2	. TR 1.2	TR 1.2	TR 1.2	TR 1.2	TR 1.2
Recepti	on INFO 1	TR 1.1	_	_	_	_	/	/	/	_	-
Récepti	on INFO 3	/	/	/	/	TR 1.5		_	TR 1.5	/	/
Boucle	e 2 établie	/	/	/	/	/	/	/	/	TR 2.2	-

[/] Evénement impossible

⁻ Pas de changement d'état

TABLEAU IV-3/G.961 Tableau de transition des états de TL

Evéne-	Nom de l'état	Désactivé	Attente d'activation de la ligne	Ligne activée	Interface T activée	Attente de désactivation	Perte de verrouillage de trame sur la ligne	Attente d'activation de la ligne	Ligne activée	Boucle 2 activée
ment	Code de l'état	TL 1.0	TL 1.1	TL 1.2	TL 1.3	TL 1.4	TL 1.5	TL 2.1	TL 2.2	TL 2.3
	Тх	SIG 0	SIG 3 SIG 4	SIG 6	SIG 7 SIG 11	SIG 1	SIG 13	SIG 3 SIG 4	SIG 9	SIG 11
5	SIG 2	EF 2 TL 1.1	_	-	/	/	_	-	/	/
	pleinement active	/	EF 3 TL 1.2	-	-	_	EF 3 TL 1.2	EF 3 TL 2.2	_	-
S	SIG 8	/	/	EF 4 TL 1.3	_	_	/	/	/	/
S	SIG 10	/	/	/	/	/	/	/	EF 4 TL 2.3	_
	e verrouillage e sur la ligne	/	/	EF 7 TL 1.5	EF 7 TL 1.5	-	_	/ ·	EF 7 TL 2.1	EF 7 TL 2.1
S	SIG 12	/	/	/	EF 7 TL 1.2	_ ·	/	/	/	/
	iration du orisateur T2	1.	/	/	/	TL 1.0	/	/	/	/
	EF 1	TL 1.1	/	/	/	/	/	1	/	/
	EF 5	/	Démarrage T2 TL 1.4	Démarrage T2 TL 1.4	Démarrage T2 TL 1.4	/	Démarrage T2 TL 1.4	Démarrage T2 TL 1.4	Démarrage T2 TL 1.4	Démarrage T2 TL 1.4
	EF 8	2.1	/	/	/	/	/	/	/	/

[/] Evénement impossible

⁻ Pas de changement d'état

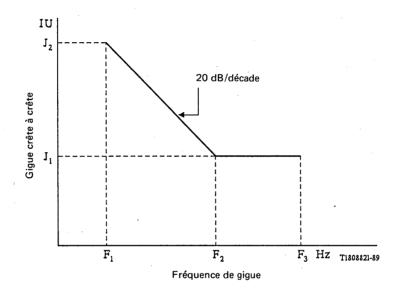
Voir les § 5.5.1 et 5.5.2 de la Recommandation G.960.

IV.11 Gigue

La tolérance relative à la gigue vise à garantir que les limites de la Recommandation I.430 sont confirmées par les limites de gigue du système de transmission sur les lignes locales. Les limites de gigue ci-dessous doivent être observées quelle que soit la longueur de la ligne et que cette dernière comporte ou non un régénérateur, sous réserve qu'elle soit couverte localement par les caractéristiques du moyen de transmission (voir le § 3). Ces limites doivent être respectées indépendamment du schéma des bits sur les canaux B, D et CL.

IV.11.1 Tolérance relative à la gigue sur le signal d'entrée dans TR1

TR1 doit respecter les objectifs de qualité de transmission lorque le dérapage/la gigue ont les valeurs maximales indiquées à la figure IV-7/G.961 dans le cas de la gigue à une seule fréquence entre 3 Hz et 80 kHz superposée à la source du signal d'essai. TR1 doit également respecter les objectifs de qualité de transmission avec un dérapage de 1,0 IU crête à crête par jour, le taux maximal de changement de phase étant de 1,0 IU/heure.



1 IU =
$$\frac{1}{320 \text{ kHz}}$$
 = 3,125 µs

F ₁	F ₂	F ₃	J ₁	J ₂
3 Hz	30 Hz	80 kHz	0,1 IU	1,0 IU

FIGURE IV-7/G.961

Gigue minimale admissible sur le signal d'entrée à TR1

IV.11.2 Limites de gigue à la sortie

Avec le dérapage/la gigue spécifiée au § IV.11.1 superposée au signal d'entrée dans TR1, la gigue sur le signal émis par TR1 vers le réseau doit être conforme aux spécifications suivantes:

a) La gigue doit être égale ou inférieure à 0,1 IU crête à crête et inférieure à 0,25 IU efficace lorsqu'elle est mesurée avec un filtre passe-haut ayant une décroissance de 20 dB/décade au-dessous de 90 Hz.

b) La gigue sur la phase du signal de sortie par rapport à la phase du signal d'entrée (en provenance du réseau) ne doit pas excéder 0,12 IU crête à crête ou 0,25 IU efficace lorsqu'elle est mesurée avec un filtre passe-bande ayant une décroissance de 20 dB/décade au-dessus de 90 Hz et une décroissance de 20 dB/décade au-dessous de 0,3 Hz. Ces spécifications s'appliquent avec une gigue superposée sur la phase du signal d'entrée, ainsi qu'il est spécifié au § IV.11.1 pour la gigue sur une seule fréquence jusqu'à F₂ Hz.

IV.11.3 Conditions d'essai pour les mesures de gigue

En raison de la transmission bidirectionnelle sur 2 fils et des graves perturbations entre symboles, aucune transition de signaux bien définie n'est disponible au point 2 fils de TR1.

Remarque - Deux solutions possibles sont proposées:

- a) un point d'essai dans TR1 est prévu pour la mesure de la gigue sur un signal non perturbé;
- b) un émetteur-récepteur de TL normalisé, y compris une ligne locale artificielle, est défini comme appareil d'essai.

IV.12 Caractéristiques de sortie de l'émetteur de TR1 et TL

Les spécifications suivantes s'appliquent avec une impédance de charge de 110 ohms.

IV.12.1 Amplitude des impulsions

L'amplitude nominale (de zéro à la valeur de crête) de l'impulsion la plus forte doit être de 6 V avec une tolérance de \pm 10%.

IV.12.2 Forme des impulsions

La forme des impulsions doit correspondre au gabarit de la figure IV-8/G.961.

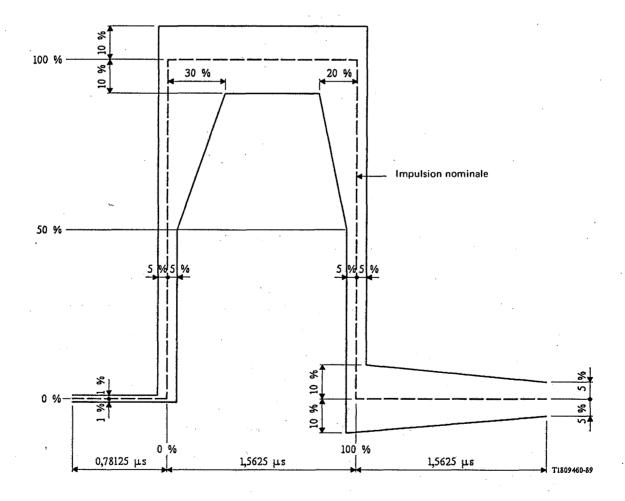


FIGURE IV-8/G.961
Gabarit des impulsions à la sortie de l'émetteur

IV.12.3 Puissance du signal

La puissance moyenne du signal doit être comprise entre 14,5 dBm et 17,1 dBm.

IV.12.4 Spectre de puissance

La limite supérieure de la densité spectrale de puissance doit être définie par le gabarit de la figure IV-9/G.961.

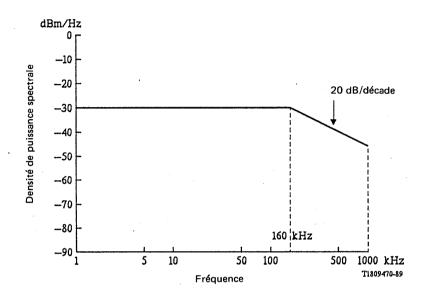


FIGURE IV-9/G.961

Limite supérieure de la densité spectrale de puissance du signal

IV.12.5 Non-linéarité du signal de l'émetteur

Cette non-linéarité mesure l'écart par rapport à l'amplitude idéale des impulsions et à leur non-linéarité individuelle.

L'écart entre les amplitudes positives et négatives des impulsions doit être inférieur à 5%.

La méthode de mesure fera l'objet d'études complémentaires.

IV.13 Terminaison de l'émetteur/récepteur

IV.13.1 Impédance

- a) L'impédance d'entrée nominale en direction de TR1 ou de TL doit être de 110 ohms.
- b) L'impédance de sortie nominale en direction de TR1 ou de TL doit être de 30 ohms en présence d'impulsions sortantes et de 110 ohms en l'absence de telles impulsions.

IV.13.2 Affaiblissement d'équilibrage

L'affaiblissement d'équilibrage de l'impédance doit être plus fort que la valeur indiquée sur le gabarit de la figure IV-10/G.961.

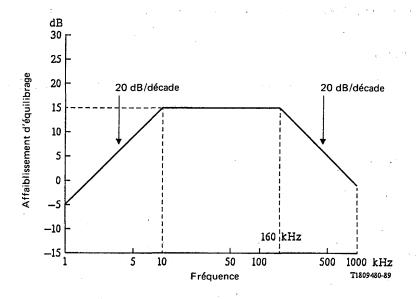


FIGURE IV-10/G.961
Affaiblissement d'équilibrage minimal de l'impédance

IV.13.3 Affaiblissement de conversion longitudinale

La valeur minimale de l'affaiblissement de conversion longitudinale doit être plus forte que celle indiquée sur le gabarit de la figure IV-11/G.961.

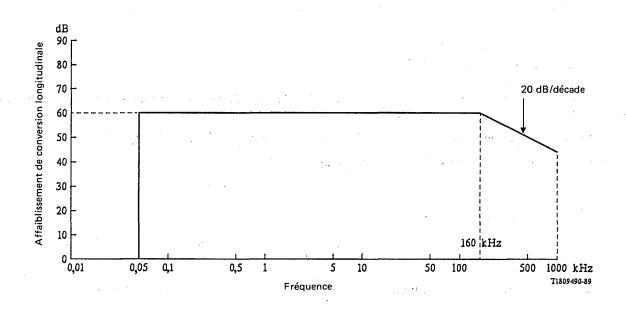


FIGURE IV-11/G.961
Affaiblissement de conversion minimale

APPENDICE V

(à la Recommandation G.961)

Système de ligne numérique pour l'accès au RNIS au débit de base avec code en ligne biphase binaire

V.0 Caractéristiques électriques

Le présent appendice décrit un système de transmission transparent à 160 kbit/s utilisant des techniques d'annulation d'écho. Le débit de transmission permet d'accepter deux canaux B de 64 kbit/s et un canal D de 16 kbit/s tels qu'ils sont définis dans la Recommandation I.412. La capacité restante de 16 kbit/s permet l'information de verrouillage de trame et une voie auxiliaire.

L'embrouillage des données est exécuté sur la totalité des données réunies en trames au moyen de divers polynômes dans les commutateurs et aux extrémités des abonnés. Un codage biphase est utilisé pour le code en ligne. Le signal codé est filtré et transmis à la ligne à un débit de symboles de 160 kbauds. Les transitions d'éléments de signalisation biphase permettent l'extraction du rythme déduit des données avec une gigue peu importante, l'égalisation pouvant être accomplie par une courte structure de décision par réaction. La prise de décision binaire assure la meilleure immunité contre les perturbations entre symboles et l'écho résiduel et simplifie la conception du récepteur car elle ne nécessite pas de référence CAG/décision.

V.1 Code en ligne

Il s'agit d'un code biphase dans les deux directions de transmission de la ligne. Le schéma de codage appliqué est le suivant.

Le ZÉRO binaire est représenté par une transition négative au milieu de la période du bit.

Le UN binaire est représenté par une transition positive au milieu de la période du bit.

Des transitions à la limite du bit se produisent lorsque des bits de données binaires sont identiques.

Le signal binaire codé est alors mis en forme afin d'éliminer les composantes haute fréquence par filtrage.

V.2 Débit de symboles

Le débit de symboles est déterminé par le code en ligne, le débit binaire du flux d'information et la structure de trame. Il est de 160 kbauds.

V.2.1 Spécifications relatives au rythme

V.2.1.1 Précision de l'horloge indépendante de TR1

La précision de l'horloge indépendante de TR1 est de ± 230 ppm.

V.2.1.2 Tolérance sur le rythme de TL

TR1 et TL doivent accepter une précision de rythme en provenance de TL de \pm 50 ppm, conformément à la Recommandation G.703.

V.3 Structure de trame

La structure de trame contient un mot de verrouillage de trame, N fois (2B + D) et un canal CL.

Comme l'indique la figure V-1/G.961, une trame de ligne est définie comme composée de 40 cellules C0 à C39 contenant chacune 19 bits au débit binaire de transmission. La cellule 0 contient un schéma de synchronisation de trame.

Les cellules C1 à C19 et C21 à C39 contiennent les canaux d'abonné B1, B2 et D. La cellule 20 contient un canal CL.

Co C1 C2 C19 C20 C21 C38 C39 Cellule synch. Cellules information CL Cellules information

					Ce	ellule	de sy	nchr	onisa	tion (CO):	19 U	N			•		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
					Cell	üle d	'infor	mati	on (C	1-19,	C21-	39)	ě					
B1	B1	Bi	Bl	B1	B1	B1	B1	D	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	D	0
							Cellul	e du	canal	CL (C20)							
A17	A16	A15	A14	A13	Al2	All	A10	Α9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	Al	A0	0

T1809500-89

B1 Canal B1

B2 Canal B2

D Canal D

A17-0 Canal CL

Remarque - L'ordre de transmission va de la gauche vers la droite.

FIGURE V-1/G.961

Structure de trame

V.3.1 Longueur des trames

La structure définie pour la trame et le débit en ligne conduisent à une trame de 760 bits d'une durée de 4,75 ms.

V.3.2 Attribution des bits dans la direction TL vers TR1

Comme définie au § V.3.

V.3.3 Attribution des bits dans la direction TR1 vers TL

Comme définie au § V.3.

V.4 Mot de verrouillage de trame

V.4.1 Mot de verrouillage de trame dans la direction TL vers TR1

Le mot de verrouillage de trame occupe la cellule C0 de la structure de trame et il consiste en 19 UN consécutifs, ce qui est unique dans la séquence des bits de la trame et qui est garanti par une définition des 19e bits des cellules C1 à C39 de façon qu'ils aient constamment la valeur ZÉRO.

V.4.2 Mot de verrouillage de trame dans la direction TR1 vers TL

Comme défini au § V.4.1.

244

Fascicule III.5 - Rec. G.961

V.5 Procédure de verrouillage de trame

Un schéma de verrouillage de trame de 20 bits se composant de 19 UN consécutifs précédés d'un ZÉRO doit être recherché dans le flux de données qui arrive. Le verrouillage de trame est défini comme la réception correcte de trois trames consécutives contenant le schéma de verrouillage de trame dans les positions prévues à l'intérieur de ces trames.

V.5.1 Surveillance du verrouillage de trame

La perte du verrouillage de trame est définie comme la détection de trois trames consécutives contenant chacune une ou plusieurs erreurs dans le schéma de verrouillage de trame. La surveillance du verrouillage de trame doit être permanente.

V.5.2 Détection de la polarité de ligne

Dans TR1 existe un mécanisme de détection automatique de la polarité de ligne. Un temporisateur de 80 ms n'est déclenché que par une transition d'inactif à actif du signal détection du signal en ligne en provenance du système de transmission. Ce temporisateur est maintenu à l'état de réinitialisation lorsque le verrouillage de trame est réalisé. Son expiration provoque une inversion de la polarité des données arrivantes et sortantes. Une fois la polarité de ligne déterminée, elle est conservée comme polarité initiale pour les opérations de détection subséquentes. La durée de temporisation de 80 ms est choisie pour tenir compte de la convergence du système de transmission et du temps nécessaire à la réalisation du verrouillage de trame.

Pour éviter la duplication du schéma de verrouillage de trame par une séquence de données dans un flux de données à la suite d'une ligne inversée, les canaux B1, B2 et D dans la direction TL vers TR1 sont réglés entièrement à UN pendant cette partie de la procédure d'activation avant que des données opérationnelles ne leur soient transférées. De plus, au moins un bit de la voie auxiliaire doit aussi être mis à UN pendant la procédure d'activation.

V.6 Multitrame

Il n'y a pas de structure de multitrame.

V.7 Décalage entre trames dans la direction TL vers TR1 et trames dans la direction TR1 vers TL

A TR1, les trames dans la direction TL vers TR1 et celles dans la direction TR1 vers TL peuvent être dans un état d'alignement quelconque, mais TL doit s'aligner sur le décalage des trames reçues de la ligne par rapport aux trames transmises à la ligne.

V.8 Canal CL

Le canal CL a pour but de transférer l'information de maintenance ainsi que les drapeaux données valides et prêt pour les données.

V.8.1 Débit binaire

Le canal CL a un débit binaire de 3,8 kbit/s.

V.8.2 Structure

La figure V-2/G.961 montre le format du canal CL dans les deux directions TL vers TR1 et TR1 vers TL; il se divise entre les types de domaines suivants:

- a) M3-0: domaine de 4 bits pour le transfert d'une commande de maintenance vers une terminaison de transmission éloignée dont l'identité est incluse dans le codage de la commande;
- b) R3-0: domaine de 4 bits pour le transfert d'une réponse de maintenance vers TL;
- c) DV: drapeau données valides qui indique que dans la direction TL vers TR1 les canaux B1, B2 et D contiennent des données opérationnelles;
- d) RFD: drapeau prêt pour les données qui indique que dans la direction TR1 vers TL les canaux B1, B2 et D contiennent des données opérationnelles;
- e) D7-0: domaine de 8 bits pour le transfert des données de maintenance qui peuvent être associées à une réponse de maintenance;
- f) K4-0: code de contrôle cyclique de 5 bits qui intervient en réponse aux bits A17 à A5 compris de la cellule auxiliaire.

Vers TR		A16 M2			A13			,		A8 X		A6 X			A3	A2 K2	A1 K1	A0 K0	0
	A17	A16	A15		A13			<u> </u>		A8						A2	A1	A0	الــــــــــا
Vers TL	R3	R2	R1	R0	RFD	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	K4	К.3	K2	Kl	K0	0 9510-89

A17-0 Position des bits dans une cellule du canal CL (voir la figure V-1/G.961)

M3-0 Commande de maintenance

R3-0 Réponse de maintenance

DV Drapeau de données valides

RFD Drapeau prêt pour les données

D7-0 Données de maintenance

KA-0 Contrôle cyclique

Inutilisé (mis à UN)

FIGURE V-2/G.961

Format du canal CL

V.8.3 Protocoles et procédures

Les opérations de maintenance sont basées sur un protocole commande/réponse d'écho répétitif. Une opération de maintenance débute par la transmission continue de la commande de maintenance requise par TL. Lorsque la terminaison appropriée reçoit la commande validée, elle est continuellement renvoyée en écho vers TL en guise de réponse de maintenance et la commande est traduite en action. Si la commande demande des données, ces dernières sont transmises simultanément dans le domaine données de maintenance. La terminaison continue à renvoyer en écho la commande et à fournir des données tant qu'elle ne reçoit pas les commandes validées appropriées. Dans le cas de réponses non accompagnées de données, le domaine données de maintenance est non défini. TL admet que l'opération de maintenance est achevée lorsqu'elle reçoit une réponse validée correspondant à la commande transmise.

Des boucles sont appliquées au moyen de commandes de maintenance et les données de qualité de transmission du système sont retournées à l'aide du domaine données de maintenance. Des opérations de maintenance peuvent être exécutées chaque fois que la section numérique est activée.

V.8.4 Sécurité

Un mécanisme de sécurité intervient en réponse aux bits A17 à A0 compris du canal CL.

La procédure de validation comprend deux étapes:

a) un code à redondance cyclique de 5 bits K4-0 utilisant les bits A17 à A5 compris du canal CL. Le générateur de code est:

$$g(x) = (1 \oplus x) (1 \oplus x \oplus x^4)$$

Il s'agit d'un code de Hamming qui permet la détection d'erreur sur un bit isolé et la correction d'erreur sur un bit isolé;

b) une série de bits du canal CL A17 à A5 n'est acceptée comme valable que si les bits en ont été vérifiés/corrigés avec succès et s'ils correspondent aux deux séries précédentes vérifiées et corrigées avec succès. A noter que ces trois séries ne proviennent pas nécessairement de trames de ligne consécutives.

V.9 Embrouillage

L'ensemble du flux de données binaires réunies en trames est embrouillé de la façon suivante:

a) Polynôme d'embrouillage TR1 vers TL

$$1 \oplus x^{-14} \oplus x^{-15}$$

b) Polynôme d'embrouillage TL vers TR1

$$1 \oplus x^{-1} \oplus x^{-15}$$

 $(\oplus = OU EXCLUSIF)$

V.10 Activation/désactivation

Un bit du canal CL est attribué pour utilisation au cours des procédures d'activation et de désactivation. Il s'agit du drapeau données valides dans la direction TL vers TR1 et du drapeau prêt pour les données dans la direction TR1 vers TL. Ces bits ne sont pas inclus dans le protocole de maintenance décrit ci-dessus et agissent comme indications non sollicitées.

V.10.1 Signaux utilisés pour l'activation/désactivation

Les signaux (SIG) utilisés pour l'activation/désactivation sont:

Direction TL vers TR1

Signal	Mot de verrouillage	2B + D	М	DV	К
10	Absent	Absent	Absent	Absent	Absent
12	Normal	1	1	0	Normal
14	Normal	Normal	Normal	1	Normal

Direction TR1 vers TL

Signal	Mot de verrouillage de trame	2B + D	R	RFD	D0-D7	К
10	Absent	Absent	Absent	Absent	Absent	Absent
I1	0	0	0	0 -	0	0
I31	Normal	0	1	0	Normal	Normal
13	Normal	Normal	Normal	1	Normal	Normal

V.10.2 Définition des temporisateurs internes

Les temporisateurs suivants se trouvent dans TL:

- le temporisateur 2 (T2) empêche la réactivation involontaire par ET;
- le temporisateur A (TA) est déclenché si SIG I31 arrive en provenance de l'état actif (TL4) de la couche 1; il indique la perte de SIG I3 qui, s'il n'est pas reçu avant l'expiration du temporisateur A, entraîne une désactivation;
- le temporisateur B (TB) est déclenché en cas de perte de verrouillage de trame. Si la reprise du verrouillage de trame n'est pas réalisée avant l'expiration du temporisateur B, une désactivation est entreprise.

La durée des temporisateurs internes sera étudiée ultérieurement.

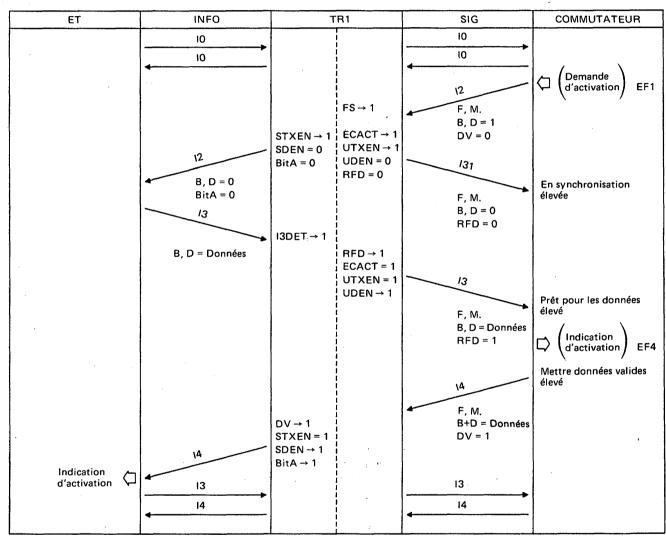
V.10.3 Description des procédures d'activation/désactivation

La figure V-3/G.961 (feuillet 1 sur 3) illustre la méthode d'activation par le réseau. La DEMANDE ACTIVATION PH cause l'envoi de SIG I2 du réseau vers TR1 qui passe à l'état détection du signal en ligne et synchronisation de trame. TR1 envoie alors simultanément INFO 2 vers ET et SIG I31 vers le réseau. En temps opportun, le réseau passe à l'état synchronisé et ET répond à INFO 2 par INFO 3. TR1 signale ce dernier événement au réseau par l'envoi de SIG I3. Au réseau, cet envoi entraîne une indication d'activation. Le réseau répond par l'envoi de SIG I4 vers TR1. A réception de ce signal, TR1 envoie INFO 4 vers ET, ce qui met fin à la procédure d'activation.

La figure V-3/G.961 (feuillet 2 sur 3) illustre l'activation depuis le côté usager. Le processus d'activation est fondamentalement semblable à celui de l'activation par le réseau, sauf que le processus débute par l'envoi d'INFO 1 par ET. Dans ce cas, TR1 lance le processus en émettant SIG I1 vers le réseau qui passe alors à l'état détection du signal en ligne. Le réseau envoie SIG I2 vers TR1. A partir de là, le processus est le même que celui décrit ci-dessus.

La figure V-3/G.961 (feuillet 3 sur 3) illustre la méthode de désactivation. Une demande de désactivation provoque l'arrêt de la transmission du réseau vers TR1 (SIG I0). Après avoir détecté SIG I0, TR1 retourne SIG I1 vers le réseau et INFO 0 vers ET, lequel répond en retournant INFO 0 vers TR1. Après l'avoir reçu, TR1 cesse d'émettre vers le réseau (SIG I0). Au réseau, cela provoque une indication de désactivation, ce qui met fin à la procédure de désactivation.

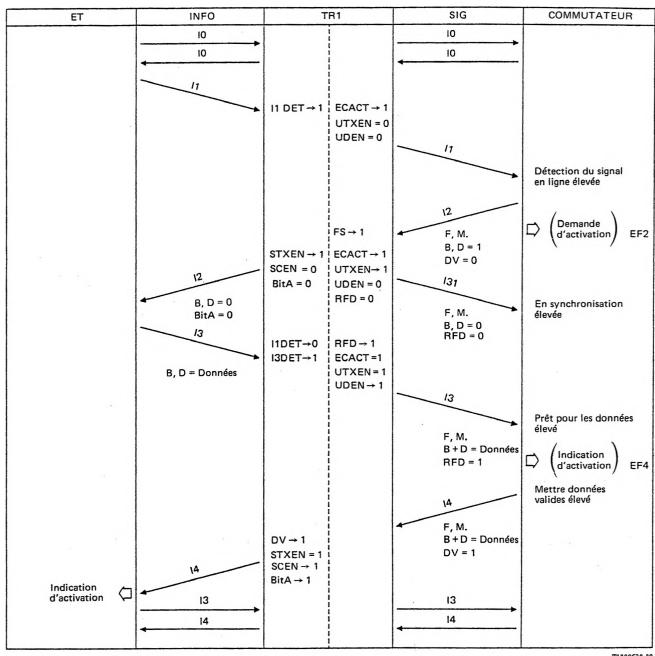
Les définitions des SIG sont données au § V.10.1. Le lecteur trouvera celles des INFO dans la Recommandation I.430.



T1809520-89

FIGURE V-3/G.961 (feuillet 1 sur 3)

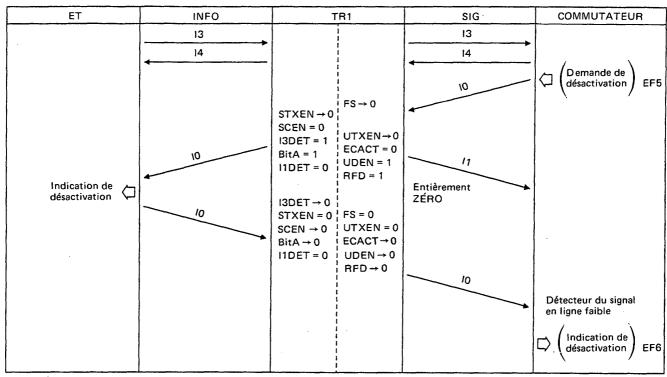
Activation à partir du côté réseau – Activation initiée par le commutateur



T1809530-89

FIGURE V-3/G.961 (feuillet 2 sur 3)

Activation à partir du côté usager – Activation initiée par le terminal



T1809540-89

FIGURE V-3/G.961 (feuillet 3 sur 3)

Désactivation

V.10.4 Tableau de transition des états de TR1 en fonction des INFO et SIG

Voir le tableau V-1/G.961.

V.10.5 Tableau de transition des états de TL en fonction des EF, SIG et des temporisateurs internes

Voir le tableau V-2/G.961.

V.10.6 Temps d'activation

Système de transmission sur câble à paires métalliques.

Temps d'activation maximal qui suit immédiatement une désactivation (sans action de bouclage ou de mise sous tension intermédiaire):

100 ms; a) sans régénérateur:

b) avec régénérateur: 200 ms.

Temps d'activation maximal après mise sous tension de la ligne:

sans régénérateur: 250 ms;

b) avec régénérateur:

500 ms.

V.11 Gigue

Les tolérances concernant la gigue visent à garantir que les limites de la Recommandation I.430 sont confirmées par les limites de la gigue du système de transmission pour les lignes locales.

TABLEAU V-1/G.961

Tableau de transition des états pour l'activation/désactivation de TR1

	Etats	TR1 Désactivation	TR2 Activation en instance	TR3 Activation du système	TR4 Attente de données	TR5 Activation couche 1
					valides	
Evénements	SIG transmis	10	I1	I31	13	13
	I0 (Demande de désactivation)	_	-	IO TR1	IO TR1	IO TR1
SIG reçu	I2 (Demande d'activation)	I2 TR3	TR3		- .	I2 TR3
	I4 (Données valides)	/	I2 TR3	/	I4 TR5	. -
	I0 (Indication de désactivation)	-	I0 TR1	_	TR3	I2 TR3
En provenance d'ET	I1 (Demande d'activation)	TR2	_		1.	/
	I3 (Indication d'activation)	TR2		TR4	_	

⁻ Pas de changement

[/] Impossible

TABLEAU V-2/G.961

Tableau de transition des états pour l'activation/désactivation de TL

			<u> </u>				
	Etats	LT1 Désactivation	LT2 Attente d'activation du système	LT3 Activation du système	LT4 Activation couche 1	Perte de verrouillage de trame	LT6 Attente de désactivation
Evénement	s SIG transmis	10	12	12	14	(remarque)	10
	I0 (Indication de désactivation)	-	-	EF7	EF7	. · · -	EF6 TL1
SIG reçu	I1 (Demande d'activation)	EF2 TL2	_	/	<i>/</i> ,	/ //	_
STO Regu	131 (Système activé)	,	EF3 TL3	_	ST. TA TL3	. /	<u>-</u>
	I3 (Couche 1 activée)	/	/	ST. TA EF4 TL4	<u>-</u>	. /	_
	Perte de verrouillage de trame	/	/	ST. TB TL5	ST. TB TL5	/	· _ /
	Reprise de verrouillage de trame	/	/	/	/	STP. TB TL3	-
Evénement interne	Expiration du temporisateur 2	- .		· <u>-</u> -	_	· <u>-</u>	EF6 TL1
	Expiration du temporisateur A	<u> </u>	-	ST. T2 EF7 TL6	<u>-</u>	-	-
	Expiration du temporisateur B	-	_	_	_	ST. T2 EF7 TL6	- -
Elément de fontion	EF1	TL2	/	/	/	/	TL2
reçu	EF5	· <u>-</u>	ST. T2 TL6	ST. T2 TL6	ST. T2 TL6	ST. T2 TL6	_

Pas de changement

/ Impossible

Remarque – En cas de perte de verrouillage de trame, le SIG transmis par TL ne change pas par rapport à celui qui a été transmis immédiatement avant la perte (c'est-à-dire 12 ou 14).

Etats à TR

TR1 Désactivé

TR2 Activation en instance

TR3 Système de transmission activé

TR4 Attente de données valides

TR5 Couche 1 activée

Etats à TL

TL1 Désactivé

TL2 Attente d'activation du système de transmission

TL3 Système de transmission activé

TL4 Couche 1 activée

TL5 Perte de verrouillage de trame

TL6 Attente d'indication de désactivation

ST.T2 Démarrage T2

STP.TA Arrêt TA

Les définitions des éléments de fonction sont les mêmes que celles de la Recommandation G.960.

V.11.1 Tolérance relative à la gigue sur le signal d'entrée dans TR1

Nécessite des études complémentaires.

V.11.2 Limites de la gigue à la sortie de TR1

Nécessitent des études complémentaires.

V.11.3 Conditions d'essai pour les mesures de gigue

Nécessitent des études complémentaires.

V.12 Caractéristiques de sortie de l'émetteur de TR1 et de TL

Les spécifications suivantes s'appliquent avec une impédance de charge de 140 ohms.

V.12.1 Amplitude des impulsions

L'amplitude de crête nominale d'une impulsion de signal émis doit être de 1,6 V avec une tolérance de \pm 5%.

La forme des impulsions est celle qu'indique la figure V-4/G.961.

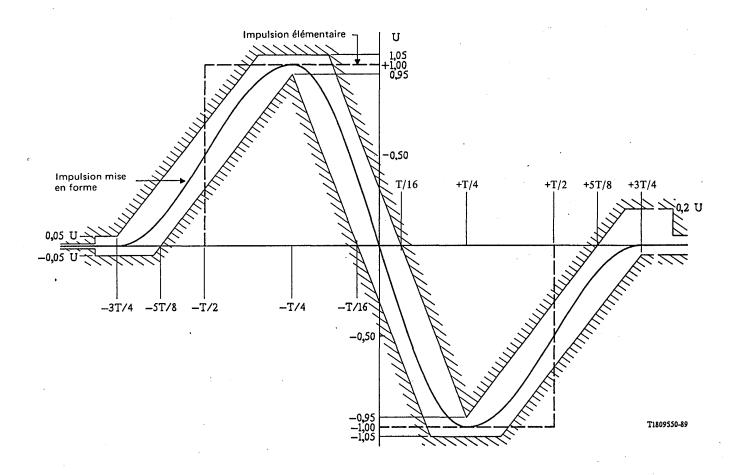


FIGURE V-4/G.961
Forme d'impulsion

V.12.3 Puissance du signal

La puissance maximale totale d'émission, calculée en moyenne sur une période quelconque d'une seconde et envoyée à la ligne doit être de +10 dBm.

V.12.4 Spectre de puissance

La limite supérieure de la densité spectrale de puissance, calculée en moyenne sur une période quelconque d'une seconde dans une bande quelconque de 3 kHz, doit être conforme au gabarit de la figure V-5/G.961.

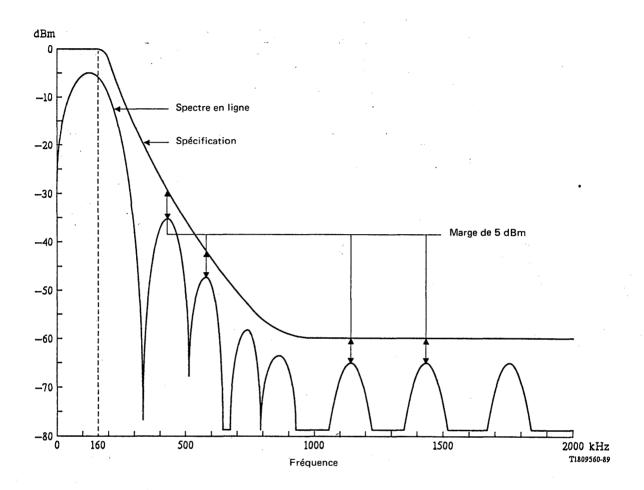


FIGURE V-5/G.961
Spectre de puissance du signal en ligne

V.12.5 Non-linéarité du signal à l'émetteur

Elle mesure les écarts par rapport aux amplitudes idéales des impulsions et la non-linéarité des impulsions individuelles. Doit faire l'objet d'études complémentaires.

V.13 Terminaison de l'émetteur/récepteur

V.13.1 Impédance

L'impédance nominale d'excitation de la ligne doit être 140 ohms.

V.13.2 Affaiblissement d'équilibrage

L'affaiblissement d'équilibrage de l'impédance (140 ohms) doit être plus fort que ne l'indique le gabarit de la figure V-6/G.961.

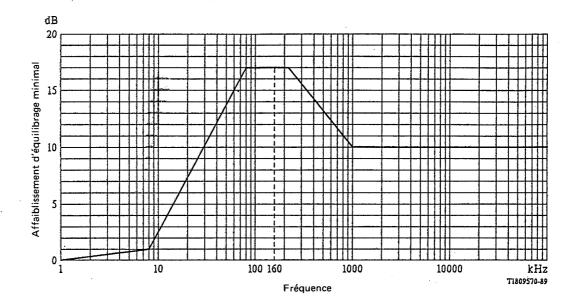


FIGURE V-6/G.961
Affaiblissement d'équilibrage

V.13.3 Affaiblissement de conversion longitudinale

Mesure de l'immunité à l'égard des tensions longitudinales. Dans la bande de fréquences 100 Hz à 256 kHz, l'affaiblissement de conversion ne doit pas être inférieur à 46 dB. De 256 kHz à 4 MHz, il ne doit pas être inférieur à $[46 - 40 \log_{10} (f/256)]$ dB, (f étant la fréquence en kHz).

APPENDICE VI

(à la Recommandation G.961)

Accès de base au système de transmission au moyen du code en ligne SU32

VI.0 Considérations générales

La norme SU32 accepte la transmission transparente en duplex de deux canaux B de 64 kbit/s et d'un canal D de 16 kbit/s sur câbles à paires symétriques au moyen des techniques d'annulation de l'écho. Outre la transmission des canaux 2B + D transparente, il est prévu une capacité de 5,3 kbit/s pour une voie auxiliaire et pour les fonctions CRC des données, de commande, de supervision et de maintenance. Le train de bits est codé pour transmission à l'aide d'un code de bloc conditionnel ternaire à haute performance SU32 (en remplacement de 3B2T), filtré et transmis à la ligne au débit de 108 kbauds. Un signal de rythme orthogonal est superposé au code en ligne pour l'échantillonnage des symboles, ce qui ne compromet ni l'efficacité ni la performance du code en ligne. Un mot de synchronisation unique sert à établir la synchronisation de trame. Une activation rapide et fiable est assurée au moyen d'une procédure binaire de prise de contact, pour l'apprentissage distinct de l'annuleur et de l'égaliseur.

VI.1 Code en ligne

Les données binaires sont codées sous une forme ternaire au moyen du code en ligne SU32. Ce codage est fondé sur le code en ligne 3B2T fixe et inconditionnel et modifié comme suit. Chaque triplet binaire est converti en un doublet ternaire et est transmis à moins qu'il ne soit identique au doublet antérieur. Si le doublet actuel et celui qui le précède sont identiques, le mot de code inutilisé «00» est transmis à sa place. La règle de codage SU32 est représentée au tableau VI-1/G.961. Dans ce tableau, le bit le plus à gauche est le premier à entrer dans le codeur et le symbole le plus à gauche est le premier à sortir du codeur.

TABLEAU VI-1/G.961
Codage SU32 (en remplacement de 3B2T)

Entrée binaire	Sortie ternaire	Entrée binaire	Sortie ternaire
000		100	0-
001	-0	101	+-
010	-+	110	+0
011	0+	111	++
1			l

Décodage

Le processus de décodage du signal reçu est l'inverse du processus de codage.

Tolérance à l'égard de l'inversion de la polarité de ligne

Le code est symétrique, en sorte que l'inversion des données ternaires entraîne une inversion des données binaires décodées. Il est donc possible d'appliquer une correction de polarité due à une inversion du câble soit aux données binaires embrouillées soit aux données binaires désembrouillées soit aux données ternaires. La correction de la polarité émise et de la polarité reçue s'effectue dans TR1.

VI.2 Débit des symboles

Le débit des symboles dépend du code en ligne, du débit binaire du flux d'information et de la structure de trame; il est de 108 kbauds.

VI.2.1 Tolérance sur le rythme

VI.2.1.1 Précision de l'horloge indépendante de TR1

La tolérance sur l'horloge indépendante de TR est ± 192 ppm.

VI.2.1.2 Tolérance sur l'horloge indépendante de TL

L'horloge indépendante de TL doit être verrouillée en phase sur l'horloge du commutateur ayant une tolérance de fréquence de ± 50 ppm, ce qui permet une exploitation avec tous les équipements conformes aux dispositions de la Recommandation G.703.

VI.3 Structure de trame

Le système de transmission a deux états de fonctionnement, l'état stable et l'état d'apprentissage. La structure de trame couverte par le présent paragraphe concerne l'état stable (transfert d'information).

Les canaux B1, B2, D et CL fournissent directement à partir des éléments numériques binaires, par l'embrouilleur, la structure de trame ternaire. Le tableau du code SU32 est conçu de manière à exclure certaines séquences de code identifiables de façon univoque et qui servent à la synchronisation.

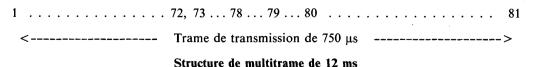
Multitrame: mot de verrouillage de multitrame et emplacement

La multitrame de 12 ms est identifiée toutes les 16 trames de 0,75 ms en remplaçant le symbole de données CRC (n° 79) par un «0» ternaire. Dans toutes les autres trames, ce symbole a une valeur binaire. Combiné avec le mot de synchronisation de trame qui le précède, ce «0» ternaire identifie de façon univoque la position de début de la supertrame.

Format de multitrame

Une multitrame se compose de seize trames de 0.75 ms de 81 symboles ternaires.

6 trames de 2B + D	Mot de verrouillage de trame	CRC ₁	Canal CL ₁
6 trames de 2B + D	Mot de verrouillage de trame	CRC ₂	Canal CL ₂
6 trames de 2B + D	Mot de verrouillage de trame	CRC ₃	Canal CL ₃
6 trames de 2B + D	Mot de verrouillage de trame	CRC ₄	Canal CL ₄
6 trames de 2B + D	Mot de verrouillage de trame	CRC5	Canal CL5
6 trames de 2B + D	Mot de verrouillage de trame	CRC ₆	Canal CL ₆
6 trames de 2B + D	Mot de verrouillage de trame	CRC ₇	Canal CL7
6 trames de 2B + D	Mot de verrouillage de trame	CRC ₈	Canal CL ₈
6 trames de 2B + D	Mot de verrouillage de trame	CRC ₉	Canal CL _{1.}
6 trames de 2B + D	Mot de verrouillage de trame	CRC ₁₀	Canal CL ₂
6 trames de 2B + D	Mot de verrouillage de trame	CRC ₁₁	Canal CL ₃
6 trames de 2B + D	Mot de verrouillage de trame	CRC ₁₂	Canal CL ₄
6 trames de 2B + D	Mot de verrouillage de trame	CRC ₁₃	Canal CL5
6 trames de 2B + D	Mot de verrouillage de trame	CRC ₁₄	Canal CL ₆
6 trames de 2B + D	Mot de verrouillage de trame	CRC ₁₅	Canal CL7
6 trames de 2B + D	Mot de verrouillage de trame	«0»	Canal CL ₈
		L	



Remarque – Les données des canaux B1, B2, D et CL sont embrouillées, tandis que les données CRC et les mots de verrouillage de trame ne le sont pas.

VI.3.1 Longueur des trames

Il y a 6 intervalles (2B + D) dans chaque trame de 81 symboles de 0,75 ms.

VI.3.2 Attribution des éléments numériques binaires dans la direction TL vers TR

L'ordre suivant est appliqué aux éléments numériques binaires avant l'opération d'embrouillage.

B1 ₁	B1 ₂	B1 ₃	B1 ₄	B1 ₄	B1 ₅	B1 ₆	B1 ₇	B1 ₈	B2 ₁	B2 ₂	B2 ₃	B2 ₄	B2 ₅	B2 ₆	B2 ₇	B2 ₈	D ₁	D ₂
B1 ₁	B1 ₂	B1 ₃	B14	B1 ₄	B15	B1 ₆	B1 ₇	B1 ₈	B2 ₁	B2 ₂	B2 ₃	B2 ₄	B2 ₅	B2 ₆	B2 ₇	B2 ₈	\mathbf{D}_1	D_2
B1 ₁	B1 ₂	B1 ₃	B1 ₄	B1 ₄	B1 ₅	B1 ₆	B1 ₇	B1 ₈	B2 ₁	B2 ₂	B2 ₃	B2 ₄	B2 ₅	B2 ₆	B2 ₇	B2 ₈	D ₁	D ₂
B1 ₁	B1 ₂	B1 ₃	B14	B1 ₄	B15	B1 ₆	B1 ₇	B1 ₈	B2 ₁	B2 ₂	B2 ₃	B2 ₄	B2 ₅	B2 ₆	B2 ₇	B2 ₈	\mathbf{D}_1	D ₂
B1 ₁	B12	B1 ₃	B1₄	B1 ₄	B15	B1 ₆	B1 ₇	B1 ₈	B2 ₁	B2 ₂	B2 ₃	B2 ₄	·B25	B2 ₆	B2 ₇	B2 ₈	D ₁	D ₂
B1 ₁	B1 ₂	B1 ₃	B1 ₄	B14	B1 ₅	B1 ₆	B1 ₇	B1 ₈	B2 ₁	B2 ₂	B2 ₃	B2 ₄	B2 ₅	B2 ₆	B2 ₇	B2 ₈	\mathbf{D}_1	D ₂
CL ₁	CL ₂	CL ₃													3			

Les données binaires sont embrouillées selon la définition du § VI.9 puis codées en ternaire. Elles sont ensuite multiplexées dans le format de trame suivant.

T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂
T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄
T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	T ₃₃	T ₃₄	T ₃₅	T ₃₆
T ₃₇	T ₃₈	T ₃₉	· T ₄₀	T ₄₁	T ₄₂	T ₄₃	T ₄₄	T ₄₅	T ₄₆	: T ₄₇	T ₄₈
T ₄₉	T ₅₀	T ₅₁	T ₅₂	T ₅₃	T ₅₄	·T ₅₅	T ₅₆	T ₅₇	T ₅₈	T ₅₉	T ₆₀
T ₆₁	T ₆₂	T ₆₃	T ₆₄ .	T ₆₅	T ₆₆	T ₆₇	T ₆₈	T ₆₉	T ₇₀	T ₇₁	T ₇₂
0	0	0	0	0	0	CRC	T ₇₃	T ₇₄			

VI.3.3 Attribution des éléments numériques binaires dans la direction TR1 vers TL

La structure de trame et l'ordre des bits dans la direction TR1 vers TL sont les mêmes que dans la direction TL vers TR1 (voir le § VI.3.2).

VI.4 Mot de verrouillage de trame

Le mot de verrouillage de trame de six ZÉRO ternaires terminés par le bit CRC_{15} binaire (comme indiqué dans le tableau ci-dessus) sert à définir les limites de la trame de 0,75 ms. A noter qu'une fois par supertrame, un ZÉRO ternaire remplace le bit CRC binaire. Ce mot de verrouillage de trame est unique et ne peut être émulé par aucun schéma de données 2B + D.

Le mot de verrouillage de trame spécifié ci-dessus est le même dans les deux directions de transmission.

VI.5 Procédure de verrouillage de trame

La fonction de verrouillage de trame est spécifiée dans la séquence d'activation. La transmission 2B + D ne peut commencer si le verrouillage de trame n'est pas réalisé. On considère le verrouillage de trame initial comme réalisé lorsque le total cumulatif des mots de verrouillage de trame de 7 bits correctement reçus, moins ceux qui ont été reçus sous une forme incorrecte, dépasse 4. En régime permanent, ce compte cumulatif est maintenu et limité à une valeur maximale de 64. La perte de verrouillage de trame est annoncée si le total cumulatif descend au-dessous de deux.

VI.6 Multitrame

La structure de multitrame a été décrite dans le § VI.3 du présent appendice consacré à la structure de trame.

VI.7 Décalage de phase entre les deux directions de transmission

Aucune condition de phase particulière n'est nécessaire entre les trames émises dans la direction TL vers TR1 et celles émises dans la direction TR1 vers TL.

VI.8 Canal CL

Une voie d'opération protégée incluse (EPOC) de 4 kbit/s est partiellement attribuée aux fonctions de supervision et de maintenance. Une capacité de réserve suffisante et des bits non définis restent disponibles pour l'attribution future de messages comme pour des besoins nationaux particuliers.

Cette voie est protégée par un CRC de 6 bits et un protocole asservi qui assure la répétition de tous les messages toutes les 6 ms.

VI.8.1 Débit binaire

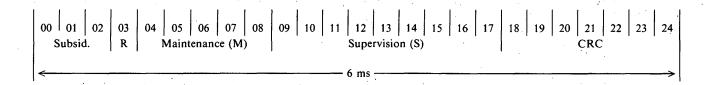
Vingt-quatre bits par multitrame de 6 ms (4 kbit/s) sont attribués à une voie d'opération protégée incluse (EPOC). Cette voie accepte des fonctions de supervision et de maintenance entre le réseau et TR1 et comporte une capacité en réserve pour des fonctions définies par l'usager. De plus, 1,33 kbit/s sont attribués à une détection d'erreur CRC₁₅ et un verrouillage de trame de 12 ms au canal CL.

VI.8.2 Structure

Dans chaque trame de 12 ms, la voie d'opération émet deux messages consécutifs de 24 bits comprenant chacun:

- 1 bit Prêt pour les données/données valides (R).
- 5 bits Voie de maintenance (M).
- 9 bits Voie de supervision (S).
- 3 bits Non assignés (voie subsidiaire de 500 bit/s).
- 6 bits Domaine de contrôle par redondance cyclique (CRC).

Le canal CL a la structure suivante:



VI.8.2.1 Messages de maintenance

Dans la direction TC vers TR1, 9 des 32 messages de commande possibles sont attribués. Un message identique est renvoyé dans la direction TR1 vers TC en guise d'accusé de réception.

Nº	Messages		Cod	e de 5	bits	
		M1	M2	М3	M4	M5
1	Pas de boucle (message nul)/enlever la boucle	1	1	1	1	1
2	Etablir une boucle B1 à TR1	1	1	0	1	1
3	Etablir une boucle B2 à TR1	1	0	1	1	1
4	Etablir une boucle B1 + B2 à TR1	1	0	0	1	1
5	Etablir une boucle B1 + B2 + D à TR1	1	0	0.	0	1
6	Etablir une boucle B1 au régénérateur	0	0	. 1	1	1
7	Etablir une boucle B2 au régénérateur	0	1	0	1	1
8	Etablir une boucle B1 + B2 au régénérateur	0	1	1	1	1
9	Etablir une boucle B1 + B2 + D au régénérateur	0	1	1	0	1

Formats des messages de sous-voie de supervision

Un domaine de 9 bits est disponible dans chaque direction de transmission pour permettre de fournir l'information de supervision. Il contient un domaine de données/adresse de 8 bits et un drapeau d'un bit qui sert à indiquer si le domaine de 8 bits contient ou non des données valides.

Nº	Messages de supervision et destination		Interfa	ce S
1	Aucune information de supervision n'est demandée	1	1111	1111
2	Valeur CAG TC	0	0000	0100
3	Fermeture de l'œil TC	0	0000	0101
4	Hauteur de l'œil TC	0	0000	0110
5	Compte d'erreurs CRC TC	0	0000	0111
6	Valeur CAG TR1	0	0001	0000
7	Fermeture de l'œil TR1	0	0001	0001
8	Hauteur de l'œil TR1	0	0001	0010
9	Compte d'erreurs CRC TR1	0	0001	0011
11	CAG du récepteur côté TL du régénérateur	0	0000	1000
12	Fermeture de l'œil du récepteur côté TL du régénérateur	0	0000	1001
13	Hauteur de l'œil du récepteur côté TL du régénérateur	0	0000	1010
14	Compte CRC du récepteur côté TL du régénérateur	0	0000	1011
15	CAG du récepteur côté TR1 du régénérateur	0	0000	1100
16	Fermeture de l'œil du récepteur côté TR1 du régénérateur	0	0000	1101
17	Hauteur de l'œil du récepteur côté TR1 du régénérateur	. 0	0000	1110
18	Compte CRC côté TR1 du régénérateur	0	0000	1111

VI.8.3 Protocoles et procédures

La voie de maintenance sert à établir des boucles à partir de TL. Lorsqu'un message de maintenance a été reçu sans erreur et appliqué, ce même message est renvoyé en écho de TR1 vers TL.

La voie de supervision est conçue pour servir de système asservi, avec une commande émise par l'extrémité TL jusqu'à la réception de la réponse attendue. Un message de repos limitatif de neuf UN est utilisé. Tous les messages et toutes les réponses valides mettent le premier bit des 9 bits de supervision à UN. Un mot de 8 bits peut donc être transmis en toute sûreté sur cette voie. Exemple d'utilisation de la voie de supervision: la signalisation d'une information de fermeture de l'œil de TR1 vers TL.

VI.8.4 Qualité de transmission du canal CL

Avec un taux d'erreur moyen de 1/1000 au débit de 144 kbit/s, caractérisé par une dimension moyenne des paquets d'erreurs de 10, on obtient la qualité de transmission suivante:

- a) 99,8% de tous les messages sont transmis en 6 ms;
- b) un message/heure au maximum sera transmis en plus de 18 ms;
- c) le taux moyen de messages erronés est inférieur à un/heure avec un temps de correction maximal de 18 ms.

VI.9 Embrouillage

Les données binaires des canaux B1, B2, D et C sont embrouillées comme suit:

a) Polynôme embrouilleur TR vers TL

$$1 \oplus x^{-18} \oplus x^{-23}$$
 (\oplus signifie OU exclusif)

b) Polynôme embrouilleur TL vers TR

$$1 \oplus x^{-5} \oplus x^{-23}$$

VI.10 Activation/désactivation

VI.10.1 Signaux utilisés pour l'activation

La figure VI-1/G.961 illustre la séquence d'activation lancée par TC sous forme d'éléments de fonction (EF) et d'INFO.

La figure VI-2/G.961 illustre la séquence d'activation lancée par l'usager sous forme de EF et d'INFO.

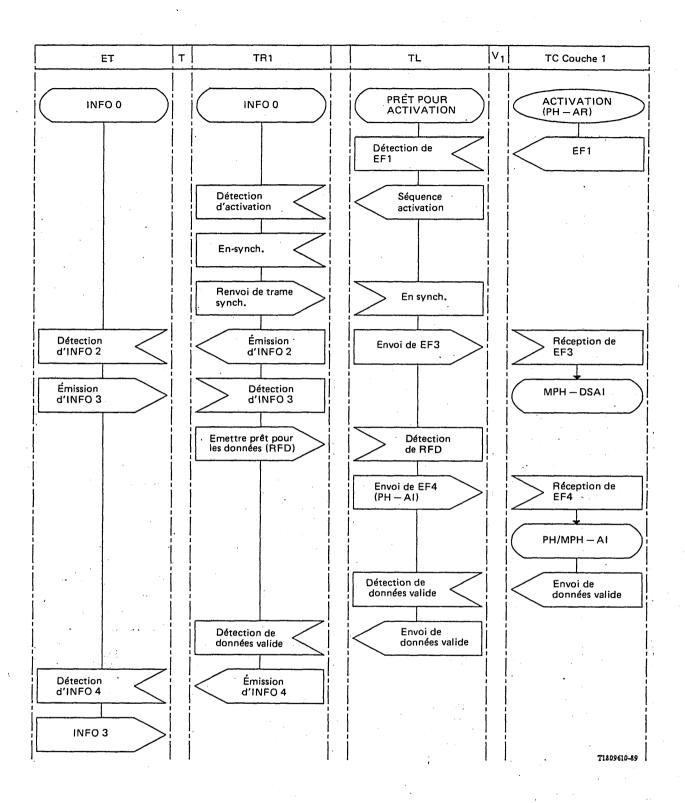


FIGURE VI-1/G.961

Activation à partir du côté réseau

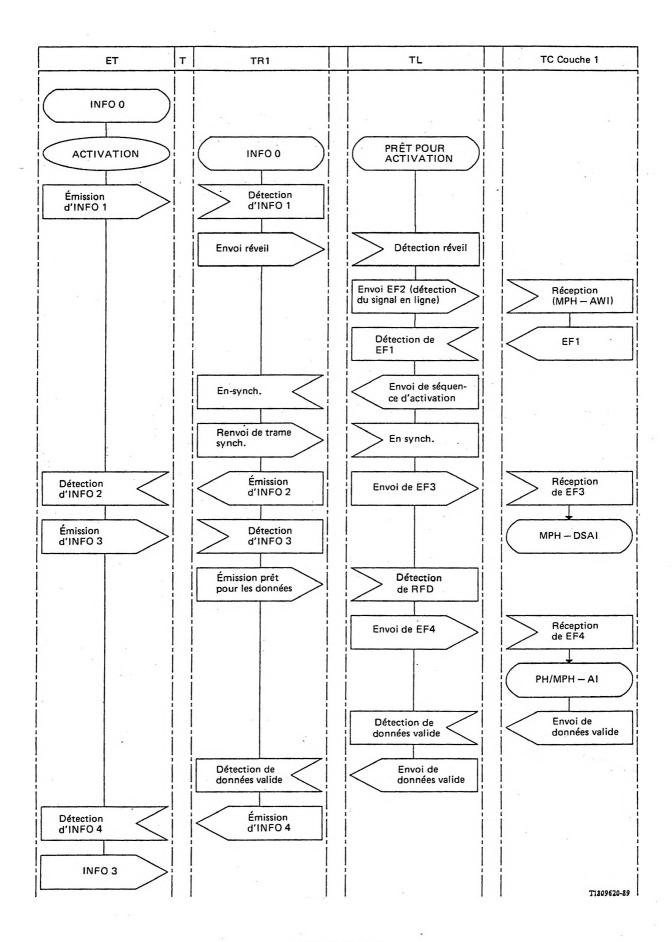


FIGURE VI-2/G.961
Activation à partir du côté usager

La définition des éléments de fonction, des états TL et des états TR utilisés dans ces figures d'activation et les tableaux de transition d'états du présent appendice sont précisés ci-après.

	Définition des EF et des états TL et TR				
	Eléments de fonction (EF)				
EF1	Demande d'activation de l'interface venant de TC.				
EF2	Signal en ligne detecté sur la section numérique.				
EF3	Section numérique activée (en synchronisme).				
EF4	Réseau d'usager activé au point de référence T ou boucle mise en œuvre.				
EF5	Demande de désactivation de la section numérique.				
EF6	La section numérique et l'interface au point de référence T ont été désactivées.				
EF7	Indication d'erreur. (Détection de la perte de synchronisation ou de l'absence de signal en ligne.)				
	Etats de TR1				
TR1	TR1 est prête pour l'activation.				
TR2	TR1 exécute la séquence d'apprentissage de la section numérique.				
TR3	TR1 est en synchronisme avec TL et la section numérique TL vers TR est capable de transmission de données sans erreur.				
TR4	Equivalant à l'état TR3, plus synchronisation de l'interface au point de référence T.				
TR5	Le canal de données 2B + D par la section numérique et le point de référence T est pleinement opérationnel.				
TR6	TR1 a émis une demande d'activation vers TL et attend sa réponse.				
TR7	TR1 n'est pas active mais est prête pour l'activation.				
	Etats de TL				
TL1.	TL est prête pour l'activation.				
TL2	TL exécute la séquence d'apprentissage de la section numérique.				
TL3	La section numérique a été correctement activée et est synchronisée dan les deux directions.				
TL4	La section numérique comme l'interface au point de référence T sont correctement activées et synchronisées.				
TL5	Le canal de données 2B + D par la section numérique et le point de référence T est pleinement opérationel.				
TL7	TL a cessé d'émettre sur la section numérique et attend la disparition de tous les signaux en ligne.				

La réponse de la section numérique à la demande d'activation EF1 venue de TC ou à la demande d'activation INFO 1 venue de ET consiste en un signal sur la section numérique par transmission d'une tonalité de réveil au quart du débit en baud (27 kHz).

Dans la direction TR1 vers TL, la durée de cette tonalité de réveil ne doit pas être inférieure à 32 cycles complets du schéma de données répétitif +--+. La durée de la tonalité ne doit pas dépasser 10 ms.

Dans la direction TL vers TR1, la durée de la tonalité de réveil ne doit pas être inférieure à 32 cycles complets du schéma de données répétitif +--+. La durée de la tonalité ne doit pas dépasser 10 ms.

VI.10.2 Définition des temporisateurs internes

La procédure d'activation a une durée nominale de 120 ms jusqu'au point où une transmission de données mises en trame sans erreurs peut commencer.

En cas d'échec de la procédure d'activation, ou de perte de synchronisation soit à l'interface au point de référence T, soit dans le système de transmission décrit ici, un temporisateur dans TR doit mettre fin à l'opération. Il ne doit pas dépasser 65 ms mesurées à partir de la synchronisation ou, dans le cas de l'activation, à partir de l'instant auquel la synchronisation aurait dû être réalisée.

Il importe peu d'utiliser un temporisateur pour établir l'échec de l'activation ou la perte de la synchronisation signalée à TL. Mais, s'il n'y a pas de contrôle extérieur de la procédure de désactivation appliquée à la terminaison TL à deux fils, un temporisateur ne dépassant pas 65 ms à partir de la synchronisation ou mesurées à partir de l'instant auquel l'activation aurait dû être réalisée devrait être employé.

VI.10.3 Procédure d'activation

Le tableau VI-2/G.961 montre les signaux de séquence d'apprentissage qui devraient être transmis à la gigue par TL et TR1. A TL, les décalages sont mesurés en périodes de baud à partir de la fin de la transmission de la tonalité de réveil. A TR1, les décalages sont mesurés en périodes de baud à partir de la détection de la fin de la tonalité de réveil. Pour un fonctionnement correct, il faut que le temps qui sépare l'achèvement par TL de l'envoi des tonalités de réveil de la détection par TR1 de la fin de ces tonalités soit inférieur ou égal à 32 bauds.

TABLEAU VI-2/G.961
Séquence d'apprentissage d'activation

Décalage (bauds)	Durée (bauds)	Signal de temporisation de TL	Données de TL	Signal de temporisation de TR	Données de TR
0	64	NON	aucune	NON	aucune
64	512	OUI	aucune	NON	aucune
576	512	NON	aucune	OUI	aucune
1 088	512	OUI	aucune	NON	aucune
1 600	512	NON	aucune	OUI	aucune
2 112	4096	OUI	SBPA	NON	aucune
6 208	32	OUI	aucune	NON	aucune
6 240	4064	OUI	aucune	NON	SBPA
10 304	(405) (remarque 1)	OUI	ternaire (remarque 1)	NON	aucune
10 709 (remarque 1)	(405) (remarque 2)	OUI	ternaire (remarque 2)	NON	ternaire (remarque 2)

NON Déconnecté

OUI Connecté

SBPA Séquence binaire pseudo-aléatoire de 511 bits générée par le polynôme (1 $\oplus x^{-4} \oplus x^{-9}$).

Remarque 1 — La transmission de données ternaires de TL vers TR1 est continue dès cet instant. TR1 ne retourne pas de données ternaires avant d'avoir établi la synchronisation; la valeur de 405 bauds et le décalage ultérieur à la rangée suivante doivent servir de guide pour la durée normale de ce processus.

Remarque 2 — La transmission ternaire de TR1 vers TL implique qu'une transmission sans erreurs et la synchronisation de trame ont été réalisées dans TR. Lorsque TL a établi la synchronisation, la transmission duplex 2B + D peut commencer.

Il est tenu compte de l'étape conditionnelle entre l'instant où TR1 a établi la synchronisation et le renvoi de données ternaires pour fournir un mécanisme par lequel l'alignement optionnel des mots de verrouillage de trame dans les directions TL vers TR1 et TR1 vers TL peut être réalisé.

VI.10.4 Tableau de transition des états de TR

Voir le tableau VI-3/G.961.

TABLEAU VI-3/G.961

Tableau de transition des états de TR

	Etat	TR1 Prêt pour activation	TR2 Apprentissage	TR3 Attend T	TR4 Attend des données valides	TR5 Etat stable	TR6 Activation ET	TR7 Désacti- vation en instance
	Signal transmis à ET	10	10	12	I2	· I4	10	
Evénements		,						
Origine	Evénement							
TL	Indication d'activation [EF1]	TR2	-	. –	_	-	TR2	-
TR1	En synch. [EF3]	/	TR3	-	_	–	/	
ET	INFO 3	/	' /	· TR4	_	_	/	_
TR1	Données valides	/	/	/	TR5	-	/	· - ;.
ET	Indication d'activation INFO 1	TR6		/	/		/	_
TR1	Perte de syn- chronisation [EF3]		TR7	TR7	TR7	TR7	-,	_
TR1	Aucun signal en ligne n'est détecté sur SN	_	-	<u>-</u> '.	_	-	-	TR1
		. •						

⁻ Pas de changement

[/] Impossible

^[] Evénement d'origine éloignée

SN Système numérique

Voir le tableau VI-4/G.961.

TABLEAU VI-4/G.961

Tableau de transition des états de TL

	Etat	TL1 Prêt pour activation	TL2 Appren- tissage	TL3 Section numérique active	TL4 Réf. T en synchro- niseur	TL5 Etat stable	TL7 Désacti- vation en instance
	Signal transmis à SN	Inactif	Séquence d'appren- tissage	Etat stable	Etat stable	Etat stable	Inactif
Ev	Evénements						
TC	Evénement EF1 de d'activation)	TL2	. /	,	/	/	-
TL	SN En synch.	/	EF3 TL3	_	-	_	/
TL Pas d'act la ligne DSL	EF2 tivité sur > Fausse	/	. · <u>-</u>	_	_	_	TL1
TR1 Prêt pou	[INFO 3] r les données	/	/	EF4 TL4		-	/
TL SN Perte synchron			EF7 TL7	EF7 TL7	EF7 TL7	EF7 TL7	-
TC Demand désactiva		/	EF7 TL7	EF7 TL7	EF7 TL7	EF7 TL7	_
тс		. /	/	/	TL5	-	

Pas de changement

VI.10.6 Temps d'activation

Les temps de démarrage à froid et de démarrage à chaud sont de $120 \text{ ms} \pm 10 \text{ ms}$, avec toutes les combinaisons de câble admissibles. Ce temps d'activation fiable et répétable résulte de la séquence d'activation spécifique spécifiée dans la présente norme SU32.

[/] Impossible

^[] Evénement d'origine éloignée

DSL Détection du signal en ligne

VI.11 Gigue

En ce qui concerne la gigue, la qualité doit être suffisante pour fournir le rythme pour la fonction de transmission à l'interface au point de référence T conformément à la Recommandation I.430.

La proposition SU32 définit un signal de rythme orthogonal superposé aux données, ce qui permet de réaliser facilement un circuit de base de temps en boucle verrouillé en phase numérique stable à faible gigue.

VI.11.1 à VI.11.3

Pour étude complémentaire.

VI.12 Caractéristique de sortie de l'émetteur de TR ou de TL

VI.12.1 Amplitude des impulsions

L'amplitude nominale des impulsions ira de zéro à la valeur de crête de 1,8 V. La tolérance sur cette valeur de crête doit être telle que la puissance du signal et la performance amplitude/spectre de fréquences soient conformes aux spécifications énoncées au § VI.12.

VI.12.2 Forme des impulsions

La forme des impulsions est déterminée par le gabarit de la figure VI-3/G.961.

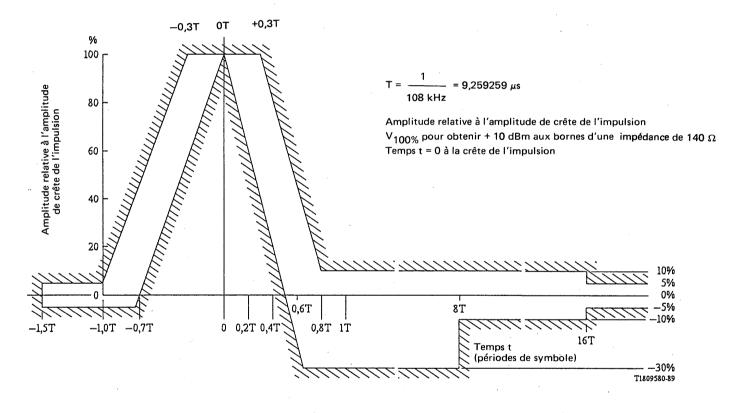


FIGURE VI-3/G.961

Gabarit d'une pulsion unique – Mise en forme des impulsions par l'émetteur 108 kbauds

VI.12.4 Spectre de puissance

SU32 a un spectre de code modifié par la règle du codage conditionnel comparée à la signalisation ternaire aléatoire. Le spectre de puissance théorique lors de l'emploi de SU32 avec impulsions rectangulaires de grande largeur avec couplage de transformateur est représenté à la figure VI-4/G.961.

Les limites de la densité spectrale de la puissance émise sont indiquées à la figure VI-5/G.961.

Conditions: Puissance d'émission 100 mW

Compte tenu du couplage d'un transformateur
Impulsions rectangulaires pleine largeur

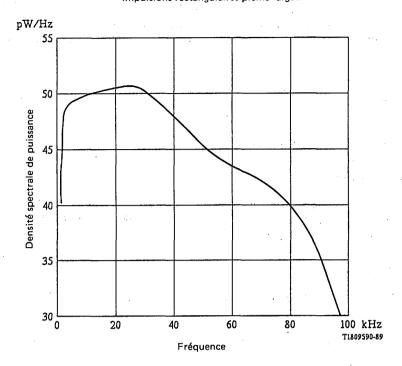


FIGURE VI-4/G.961

Densité spectrale de puissance sur la ligne par le code en ligne SU32

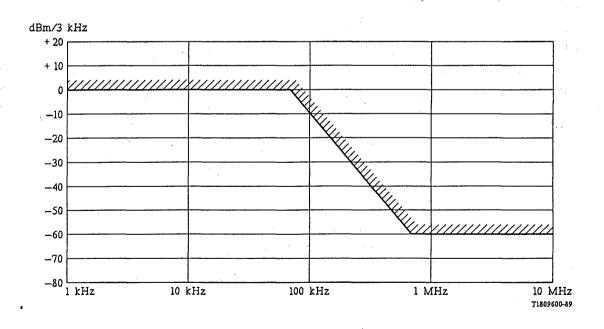


FIGURE VI-5/G.961
Spécification relative à la densité spectrale de puissance à l'émission

Niveaux de puissance

Les signaux transmis en ligne doivent être conformes aux critères suivants, quelles que soient les conditions d'exploitation, avec une terminaison résistive de 140 ohms:

- a) la puissance d'émission totale maximale moyenne sur toute période d'1 s ne doit pas dépasser +11 dBm;
- b) la puissance moyenne d'émission sur toute période d'1 s sur une bande quelconque de 3 kHz doit être inférieure à 0 dBm au-dessous de 100 kHz. Cette limite va jusqu'au courant continu (courant d'alimentation exclu);
- c) la puissance d'émission nominale recommandée est de +9.5 dBm ± 1 dB.

VI.13 Terminaison de l'émetteur-récepteur

VI.13.1 Impédance

L'impédance nominale d'entrée/sortie vers TR est de 140 ohms. L'impédance nominale d'entrée/sortie vers TL est de 140 ohms.

VI.13.2 Affaiblissement d'équilibrage

Pour complément d'étude.

VI.13.3 Affaiblissement de conversion longitudinale

L'affaiblissement de conversion longitudinale entre 100 Hz et 1,6 fois le débit de symboles (f_0) doit dépasser 46 dB. Pour une fréquence 10 MHz > f > 1,6 f_0 , l'affaiblissement longitudinal doit dépasser 46 - 40 log $(f/1,6 f_0)$ dB ou 24 dB en se fondant sur la valeur la plus élevée.

Supplément nº 15

CODE QUASI TERNAIRE PRESQUE DIFFÉRENTIEL (CODE ADQ)

(Cité dans la Recommandation G.911; pour ce supplément, voir la page 673 du fascicule III.3 du Livre orange, Genève, 1977)

Supplément nº 27

PERTURBATIONS CAUSÉES PAR DES SOURCES EXTÉRIEURES

(Cité dans les Recommandations G.221 et G.950; pour ce supplément, voir la page 346 du fascicule III.2 ou la page 390 du fascicule III.3 du Livre rouge, Genève, 1985)

TEMPÉRATURE DANS LES COFFRETS ENTERRÉS POUR L'INSTALLATION DES RÉPÉTEURS

(Melbourne, 1988)

(voir la Recommandation G.950)

1 Considérations générales

Le présent supplément se compose de deux parties A et B.

La partie A (origine: République fédérale d'Allemagne) traite de la température du sol relevée par des sources météorologiques dans la plupart des régions du monde, et montre les variations saisonnières comme étant fonction de la profondeur (en RFA).

La partie B (origine: Italie) donne des directives pour le calcul de la température dans le coffret, selon divers critères, dont la température atmosphérique, la profondeur et la dissipation d'énergie des équipements dans le coffret.

En outre, les deux parties contiennent des renseignements d'ordre général qui peuvent être utiles pour la planification.

2 Partie A

2.1 Définition

On trouvera ci-après des indications sur les conditions climatiques relatives aux petits coffrets enterrés et qui ne sont pas dotés de moyens d'adaptation à des conditions de température spécifiques. Ces coffrets sont en général hermétiquement fermés et n'ont pas besoin d'être ouverts, par exemple pour les besoins de la maintenance préventive. Ils peuvent fonctionner avec ou sans contrôle de la pression du gaz, comme ils peuvent contenir des agents de séchage.

2.2 Température dans les coffrets enterrés

La température dans les coffrets enterrés dépend de la température du sol environnant. En outre, elle est influencée par la dissipation d'énergie des équipements installés.

La température du sol à diverses profondeurs est bien comme pour la plupart des régions du globe [1]. La figure 1 illustre les variations saisonnières de la température du sol comme fonction de la valeur moyenne à long terme de la température du sol. Des exemples des variations de la température sur une année sont illustrés dans la figure 2. Les températures annuelles minimale et maximale en tant que fonction de la profondeur sont illustrées dans la figure 3. Les figures 2 et 3 ne sont que des exemples pour une région spécifique en RFA et pour un sol sablonneux.

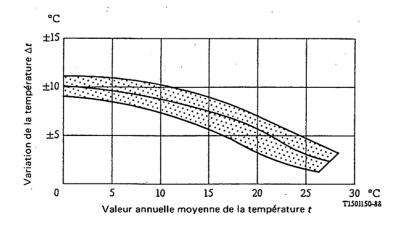


FIGURE 1

Rapport entre la valeur moyenne à long terme de la température du sol t et les variations annuelles que l'on peut trouver à une profondeur de 80 cm environ

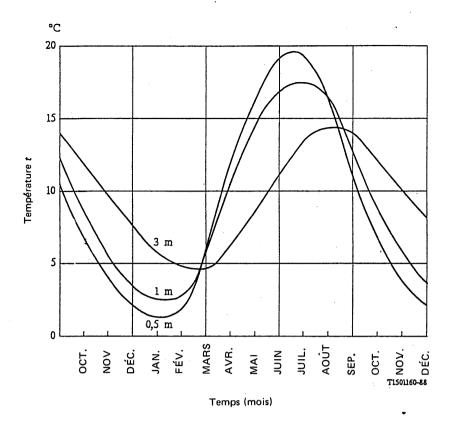
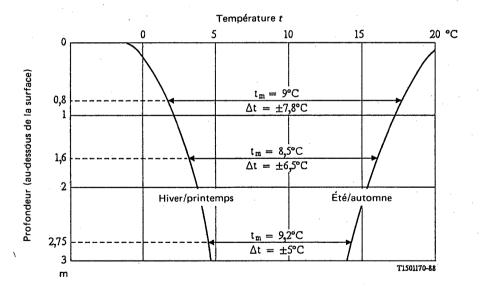


FIGURE 2

Température du sol en fonction des saisons pour des profondeurs de 0,5 m,

1 m et 3 m (valeurs moyennes à long terme,
sol sablonneux en RFA)



 t_{m} Valeur moyenne annuelle de la température du sol Δt Variation annuelle maximum de la température du sol t_{m}

FIGURE 3

Valeurs annuelles maximum et minimum de la température du sol selon la profondeur (valeurs moyennes à long terme, sol sablonneux en RFA) La composition du sol a un effet important sur la température et ses variations dans le temps. Il convient de noter que ces variations se produisent lentement, et dépendent de la composition du sol et de la profondeur.

La valeur moyenne de la température dans le coffret est la même que celle du sol, si l'on néglige l'augmentation éventuelle causée par la chaleur produite par la dissipation d'énergie des équipements. Les variations de la température de l'air occasionnent des variations de la température dans le coffret, mais après un certain délai, et avec un affaiblissement de l'amplitude dépendant de la conception du coffret.

2.3 Conclusion

La température dans les petits coffrets enterrés, par exemple l'installation de répéteurs téléalimentés, dépend de la région géographique, de la composition du sol, de la profondeur de l'installation et de la dissipation d'énergie des équipements installés.

L'humidité à l'intérieur du coffret est indépendante des influences extérieures et peut être contrôlée par des moyens appropriés le cas échéant.

3 Partie B

3.1 Température dans les coffrets enterrés contenant des équipements à dissipation d'énergie élevée

La température dans les coffrets enterrés dépend de la température du sol environnant, de sa composition et de la quantité d'énergie dissipée dans les équipements.

3.1.1 La température du sol à différentes profondeurs peut être directement mesurée sur le site ou calculée sur la base de la température moyenne saisonnière du site (au niveau du sol) en tenant compte de la résistivité et du pouvoir de diffusions thermiques du sol.

Les variations à court terme, comme les écarts quoditiens, sont vite amorties et deviennent négligeables à une profondeur supérieure à 0,3 m, de sorte que seules les variations saisonnières se diffusent plus profondément dans le sol.

Il va de soi que ces variations aussi sont atténuées et retardées selon la profondeur et la conception du sol.

3.1.2 La chaleur produite par la dissipation d'énergie des équipements dans le coffret est transférée à travers les parois du coffret dans le sol environnant, perturbant ainsi le champ de température existant, et déterminant un gradient local qui diminue à mesure que l'on s'éloigne des parois du coffret.

Pour évaluer la température annuelle maximale dans le coffret, il est conseillé de définir un modèle mathématique de transmission de la chaleur et de le résoudre pour les conditions imposées par le climat du site, la nature du sol, la consommation d'énergie, etc.

Le calcul peut se faire sur ordinateur permettant ainsi d'étudier rapidement l'effet des différents paramètres.

Dans les conditions critiques, c'est-à-dire lorsque les caractéristiques du sol sont mauvaises, on peut en améliorer les effets en plaçant autour du coffret un matériau de remblai d'une bonne conductivité thermique. L'effet d'une telle action peut être préalablement vérifié par ordinateur.

3.2 Instructions de calcul

La transmission de la chaleur de l'atmosphère vers le sol est décrite par l'équation:

$$T(y,t) = A + B e^{-\gamma y} \sin(wt - \gamma y)$$
 (1)

dans laquelle

- A Valeur moyenne de la température atmosphérique
- B Amplitude de l'oscillation thermique à la surface du sol
- γ Coefficient de diffusion
- v Profondeur

La température est fonction du temps et de la profondeur exclusivement et le champ qui en résulte a des surfaces isothermiques horizontales.

La dissipation d'énergie dans le coffret détermine un flux de chaleur sur les parois du coffret et un champ thermique bidimensionnel dans le sol. L'équation qui s'y rapporte est:

$$c\zeta \frac{\delta T}{\delta t} - k \left(\frac{\delta^2 T}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 T}{\delta y^2} \right) = F(x, y, t)$$
 (2)

dans laquelle

F(x,y,t) tient compte de la présence de sources thermiques dans le sol

c Chaleur spécifique du sol

ζ Densité du sol

k Conductivité thermique du sol.

Le problème peut être simplifié si l'on néglige le terme $\frac{\delta T}{\delta t}$.

En fait, la température dans le sol est sujette à une lente variation, et c'est pourquoi elle peut être considérée comme stable sur une courte période.

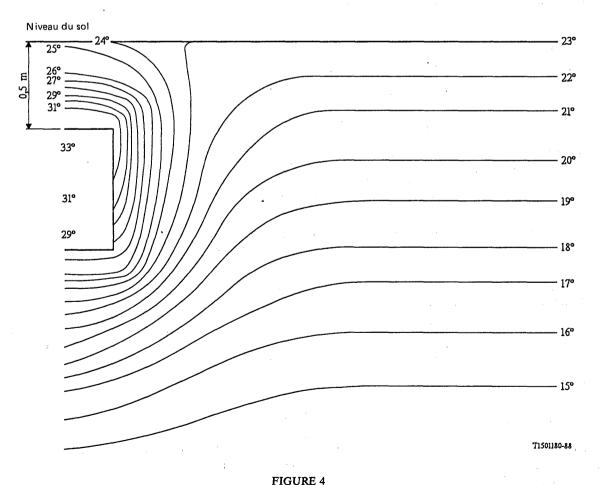
En résolvant l'équation:

$$-k\left(\frac{\delta^2 T}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 T}{\delta y^2}\right) = F(x,y) \tag{3}$$

et en introduisant la «condition initiale» de (1) pour le temps considéré, la répartition de la température dans le sol peut être relevée dans un certain nombre de points.

La température de la ligne des centres dans le coffret est calculée à partir des relations de transfert de chaleur pour la convection naturelle sur les parois verticales: Nu = M. $(G\bar{r} \cdot Pr)^N$, dans laquelle Nu = nombre de Nusslet; Gr = nombre de Grashof; Pr = nombre de Prandtl; M, N sont des constantes à déterminer empiriquement.

La figure 4 illustre un champ thermique calculé où les lignes isothermiques remplacent les valeurs de la température locale relevées par ordinateur.



Exemple de champ thermique calculé

3.3 Conclusion

La température dans les coffrets enterrés dépend du climat du site, du type du sol, de la profondeur, de la saison et de la dissipation d'énergie des équipements.

Une analyse mathématique de la transmission de la chaleur permet d'évaluer la température maximale dans le coffret en tenant compte de l'effet des paramètres concernés.

On peut étudier l'utilisation d'un matériau de remblayage et évaluer l'effet qui en résulterait.

TYPE DE COFFRET: CAI/24

Température en régime permanent (°C) Dimensions du coffret (m) Ø 0,85 h 0,9

Energie dissipée (watt)	100
Mois	8
Température moyenne du site (°C)	12,7
Amplitude des variations thermiques (°C)	11,7
Conductivité thermique du sol (W m ⁻¹ K ⁻¹)	0,44
Densité du sol (kg · m ⁻³)	1550
Chaleur spécifique du sol (J kg ⁻¹ K ⁻¹)	1255
Conductivité thermique du matériau de remblayage (W m ⁻¹ K ⁻¹)	0,8
Profondeur du matériau de remblayage (m)	0,4
Rayon extérieur du matériau de remblayage (m)	1,2

Référence

[1] JEN-HU-CHANG: Ground Temperature, Blue Hill Meteorological Observatory, Harward University, Vol. I, II - Hilton 86, Massachusetts, 1958.

Bibliographie

KREITH (F.): Principles of heat transfer, Int. Textbook Co., Scranton Pen.

CARLSLAW JAEGER: Conduction of heat in solids, Oxford Press.

Supplément nº 35

DIRECTIVES POUR LA MESURE DU DÉRAPAGE

(Contribution des Etats-Unis d'Amérique mentionnée dans les Recommandations G.812 et G.824)

Méthode de mesure du dérapage

Le présent supplément veut présenter une méthode appropriée pour la vérification de la précision de rythme des horloges. Les directives pour la mesure de la gigue font l'objet du Supplément n° 38 de la série O.

1 Mesure du dérapage à la sortie

1.1 Horloge asservie

La stratégie de mesure vise à permettre d'établir les valeurs des paramètres du modèle indiqués dans l'annexe à la Recommandation G.812 pour l'horloge asservie soumise aux essais.

Une fois obtenues ces valeurs de paramètre, il est possible de vérifier si elles sont conformes aux spécifications de la Recommandation G.812.

Pour caractériser de façon adéquate la performance d'une horloge asservie, il faut exécuter une série d'essais. De façon générale, ces essais correspondent à trois catégories de fonctionnement:

- 1) fonctionnement idéal;
- 2) fonctionnement en condition de stress;
- 3) fonctionnement avec maintien.

1.1.1 Configuration d'essai

La procédure d'essai doit permettre d'évaluer les paramètres du modèle d'horloge décrit ci-dessus pour une horloge donnée soumise aux essais. L'architecture applicable à un arrangement d'essai est représentée à la figure 1. Les éléments et leur interconnexion sont décrits ci-dessous.

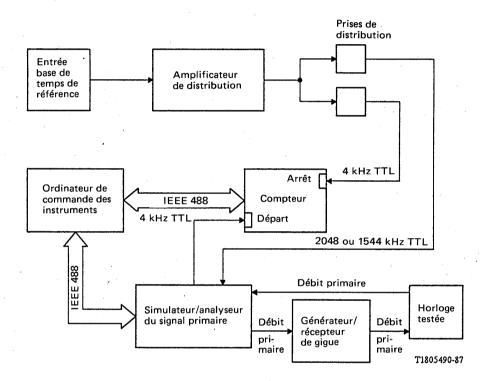


FIGURE 1
Configuration d'essai

1.1.1.1 Horloge de référence

La configuration d'essai est conçue en vue de fournir à l'horloge soumise aux essais une référence numérique au débit primaire en provenance d'un oscillateur de référence stable. Dans l'essai des horloges, l'élément délicat est la comparaison phase-temps relative par rapport au signal d'entrée de référence. De ce fait, la précision absolue du signal d'entrée de référence n'est pas essentielle 1). Ce qui importe, c'est que l'instabilité à court terme de l'oscillateur de référence soit faible afin de garantir un faible niveau du bruit mesuré et de la détection des erreurs de fond dans la boucle de commande de l'horloge soumise aux essais.

¹⁾ Au cours des essais en condition de maintien, la stabilité et la dérive à long terme de l'oscillateur de référence sont importantes.

1.1.1.2 Simulation de référence numérique

L'arrangement d'essai est conçu de manière à fournir à l'horloge une référence numérique au débit primaire dégradée pour permettre l'essai de l'horloge en condition de stress. A cette fin, on utilise un simulateur/analyseur de signal numérique à débit primaire ²⁾ pouvant être synchronisé de l'extérieur. Dans le cas du signal numérique au débit primaire de 1544 kHz, un signal de rythme de 1544 kHz est fourni au simulateur/analyseur pour commander la sortie des signaux de base de temps à l'émission. Le signal de 1544 kHz est produit via un amplificateur de distribution et une ligne de dérivation du synthétiseur. Cet arrangement de distribution permet d'établir des dérivations multiples pour les signaux de rythme synthétisés à partir de l'entrée à 10 MHz de l'oscillateur de référence. Chaque dérivation est un synthétiseur spécialisé qui produit le signal de rythme requis. La gigue produite par ces synthétiseurs devrait être inférieure à 1000 ps efficaces.

Le simulateur de dégradation à débit primaire est programmé via un bus de commande IEEE 488 en vue de produire les événements d'interruption voulus pour que l'horloge fonctionne en condition de stress. Le signal numérique à débit primaire est ensuite mis en dérivation sur un générateur de gigue et un récepteur. Ce générateur de gigue sert à insérer une gigue de fond dans le signal numérique. Il importe de simuler un niveau de gigue de fond réaliste pour plusieurs raisons. Premièrement, lorsque des interruptions se manifestent, la gigue de fond peut être une cause majeure d'erreurs de phase additives pendant que l'unité de synchronisation s'efforce d'éviter l'interruption. Deuxièmement, il est possible d'évaluer les caractéristiques de transfert de la gigue de l'horloge.

L'unité de génération de gigue est dotée d'une entrée de modulation de gigue externe. Le signal de gigue utilisé est un bruit blanc à largeur de bande limitée. Un signal provenant d'une source de bruit blanc est filtré à l'aide d'un filtre passe-bas unipolaire avec coupure à 150 Hz/3 dB. La raison principale de ce filtrage de la gigue est que l'on veut éviter les erreurs sur les bits que pourrait entraîner une gigue d'alignement haute fréquence. La puissance de la gigue devrait être réglée de manière à correspondre aux niveaux réalistes de gigue observés dans un réseau. Il importe d'éviter l'emploi d'une gigue sinusoïdale comme gigue d'essai, certaines techniques de détection de phase étant très sensibles à cette forme de gigue.

1.1.1.3 Reconstitution du signal de rythme à la sortie

Pour essayer une horloge, le signal de référence à l'entrée est fourni par la sortie du générateur de gigue. Pour reconstituer le signal de rythme à la sortie d'une horloge, on choisit un signal de sortie au débit primaire en provenance de l'unité commandée par l'horloge soumise aux essais. Ce signal numérique est connecté à la partie réception du simulateur/analyseur de signal à débit primaire. Dans cette unité, la fonction de rythme du récepteur est découplée du rythme à l'émission utilisé dans le générateur. Le récepteur extrait du signal d'entrée un signal de rythme de 4 kHz et fournit ce signal de rythme à une borne externe. Le signal de rythme de 4 kHz est cohérent en phase avec le rythme de départ de l'horloge soumise aux essais.

1.1.1.4 Rassemblement de données phase-temps

On utilise un compteur pour observer l'erreur relative phase-temps du signal de rythme de sortie de 4 kHz par rapport au signal de rythme de référence de 4 kHz. Ce dernier signal est obtenu à partir des unités de l'amplificateur de distribution et du synthétiseur. La gigue du synthétiseur lorsqu'il compose le signal de référence de 4 kHz est inférieure à 1000 ps. En exécutant une comparaison de phase à 4 kHz, la plage d'observation des variations de phase est de 250 µs. Si l'on veille à faire débuter l'essai au voisinage du centre de cette plage, le glissement de cycle ne devrait occasionner aucun problème pour tous les essais — sauf l'essai avec maintien. Mais, même cette plage peut être élargie par résolution des glissements de cycle dans le logiciel de rassemblement des données.

En fait, la résolution de mesure est limitée par la gigue intrinsèque dans le compteur ainsi que par les erreurs de déclenchement. L'expérience montre que la précision des mesures de gigue peut être maintenue au-dessous de 100 ps efficaces si l'on veille normalement au câblage et au déclenchement. Plus important, il est possible de contrôler le niveau du bruit global de gigue de fond avant les essais afin de garantir une performance appropriée. En ce qui concerne les composants utilisés dans le système particulier décrit, on peut normalement atteindre des niveaux globaux de gigue de 1000 ps efficaces. Cela est plus que suffisant pour mesurer les niveaux de stabilité de phase que l'on attend des horloges.

²⁾ La discussion qui suit s'applique, par analogie, au signal au débit primaire de 2048 kHz.

1.1.1.5 Rassemblement des données

Il convient d'utiliser un ordinateur de commande pour automatiser les essais et pouvoir recueillir et analyser les données phase-temps. Cet ordinateur de commande a un bus d'interface IEEE 488 ouvrant sur le compteur et sur le simulateur/analyseur de signal numérique à débit primaire.

Cet ordinateur de commande a pour fonction essentielle de recueillir les données phase-temps fournies par le compteur qui lui fournit un échantillon toutes les 10 secondes. Le compteur est programmé pour faire la moyenne de 4000 échantillons sur une fenêtre d'observation de 3 secondes; il communique la moyenne établie à l'ordinateur de commande. Il s'ensuit que la largeur de bande de mesure est de 0,33 Hz. Ces données phase-temps sont traitées en temps réel afin d'obtenir des évaluations glissantes de la variance d'Allan pour des intervalles d'observation de 10, 100, 1000 et 10 000 secondes. Le programme calcule également une estimation glissante de l'écart et de la dérive de fréquence.

1.1.1.6 Analyse des données

L'analyse des données a pour but d'évaluer les paramètres associés au modèle d'horloge à partir des données recueillies. A partir des données relatives à la variance d'Allan, il est possible d'établir la présence de composantes de bruit blanc MP ou MF auxquels on s'attend dans le modèle. L'écart de fréquence est le terme y_{bias} du modèle et l'estimateur de dérive D est la composante dérivée du modèle.

1.1.2 Technique et procédure de base

Ce paragraphe décrit les techniques et procédures de base à appliquer pour l'essai des trois catégories de fonctionnement d'une horloge asservie. On trouvera dans l'appendice I des exemples d'application de ces essais fondés sur des données de mesure réelles.

1.1.2.1 Fonctionnement idéal

Cet essai a pour but d'établir la performance de base d'une horloge. Le modèle prévoit que, dans des conditions idéales, les horloges devraient produire une instabilité de phase de bruit blanc MP. Ce bruit blanc MP devrait être faible car il représente la performance de l'horloge dans le cas le plus favorable [nettement moins que 1 µs si l'on se fonde sur les conditions réelles de l'erreur relative maximale sur la durée (ERMSD) à la sortie]. Il conviendrait de le mesurer en présence de niveaux de gigue réalistes pour assurer un transfert de gigue acceptable.

Dans la procédure d'essai type décrite, la largeur de bande de mesure est de 0,33 Hz. Dans certains types d'horloge, il existe un bruit sensible entre la coupure de 0,33 Hz et celle de 10 Hz associées à la gigue. Il importe d'évaluer la gigue dans cette bande, ce qui pourrait se faire en établissant un autre programme de mesure pour recueillir ces données de dérapage rapides.

1.1.2.2 Fonctionnement en condition de stress

Ce type d'essai est très important si l'on veut évaluer correctement les horloges. Dans ces essais, la difficulté réside dans le choix d'événements d'interruption appropriés. Dans certaines horloges, tout événement qui apparaît sous forme d'une seconde sévèrement erronée se traduit sur la phase. Dans certaines horloges, toute interruption ou crête de bruit erratique entraîne une perturbation du compteur de détection de phase donnant lieu à des sauts de phase erratiques qui, selon leur gravité, peuvent ou non se répercuter sur la phase. Par contre, les horloges peuvent être conçues en vue d'observer la position de l'impulsion de verrouillage de trame afin d'extraire la phase. Dans ce cas, une interruption ne se traduit pas nécessairement sur la phase à moins qu'il n'y ait un réel décalage de la position de l'impulsion de verrouillage de trame (par exemple, un événement de commutation de protection).

Il est proposé d'exécuter un essai en condition de stress pour simuler un événement seconde sévèrement erronée (SES) avec une brève interruption (100 ms) au rythme de 10 SES/jour en présence d'une gigue d'entrée de fond. Normalement, une interruption de cette ampleur doit obliger l'horloge à rechercher à rétablir la phase sans références de commutation. Un exemple de cet essai en condition de stress est donné dans la section suivante et il devrait servir à préciser les notions et l'importance des résultats.

D'autres données de stress devraient également être prises en considération lors de l'évaluation des horloges.

 Paquets d'erreurs - Il est possible de simuler un paquet d'erreurs dans lequel la forme d'onde de rythme sous-jacente ne soit pas perturbée. Dans ces conditions, il y aurait intérêt à ce qu'une horloge ne reconstitue pas la phase. L'importance d'un tel essai augmenterait si l'on établissait que la majorité des événements ne provoquant aucune perturbation du rythme.

- Sauts de phase Ces phénomènes résultent de l'activité de protection ou peuvent être provoqués par d'autres horloges. Il s'agit d'événements d'interruption qui devraient soit imposer une reconstitution de phase soit être suivis par inadvertance par l'horloge. Dans les deux cas, ils entraînent une dégradation de la performance des horloges. L'étude de ce point devrait être poursuivie.
- Evénements de redémarrage Il s'agit de phénomènes liés à certaines horloges. Ils sont associés au fait qu'une horloge oublie son état présent pour revenir à ses conditions initiales, ce qui entraîne des transitoires pouvant avoir une certaine importance. Un événement de redémarrage ne devrait pas se produire en fonctionnement normal et ne devrait donc pas figurer dans le programme d'essai général des horloges. Pourtant, il importe de mieux comprendre et contrôler ce phénomène.
- Saut de fréquence Il importe que les horloges ne suivent pas de référence présentant d'importants sauts de fréquence. Mais, l'aptitude à les détecter est étroitement liée à la sélection de la largeur de bande de poursuite de la boucle d'asservissement de phase d'une horloge donnée. La solution de ce problème dépendra du degré auquel il est possible de normaliser la largeur de bande des diverses horloges d'un réseau.

1.1.2.3 Fonctionnement avec maintien

Dans l'essai de ce mode de fonctionnement, on cherche à évaluer le décalage de fréquence initial (y_{bias}) et la dérive (D) du modèle d'horloge. Le décalage de fréquence initial dépend de la précision de l'évaluation de la fréquence obtenue dans la boucle de commande et de la possibilité de réglage de la fréquence dans l'oscillateur local. Il importe d'évaluer ce maintien dans des conditions de stress raisonnables avant une décision de maintien afin de connaître les possibilité qu'ont les boucles de commande d'obtenir une évaluation précise de la fréquence.

Lors de l'évaluation de la dérive, un facteur déterminant en ce qui concerne les oscillateurs à quartz est qu'on utilise normalement des intervalles d'observation de plusieurs jours pour obtenir des estimations de dérive statistiquement significatives. Il est impossible de l'éviter. De plus, il faut également veiller aux conditions de température au cours de l'essai. Ce point doit faire l'objet d'études ultérieures.

1.2 Horloge de référence primaire

Cette section doit faire l'objet d'études ultérieures.

APPENDICE I

(au Supplément n° 35)

Exemple d'applications

On trouvera ici les résultats de l'application de certaines des procédures d'essai pour deux horloges. Il importe de souligner que les deux horloges testées ont des architectures internes différentes. Le résultat essentiel de ces essais est que le modèle de performance d'horloge a été confirmé. Ce modèle peut être résumé comme suit:

- 1) pour de brefs intervalles d'observation en dehors de la largeur de bande de poursuite de la boucle d'asservissement de phase, la stabilité du signal de rythme de sortie est déterminée par la stabilité à court terme de la base de temps du synchroniseur local;
- 2) en l'absence d'interruptions de référence, la stabilité du signal de rythme de sortie se comporte comme un processus de bruit blanc MP à mesure que la durée d'observation augmente pour se situer dans la bande de poursuite de la boucle d'asservissement de phase;
- 3) en présence d'interruptions, la stabilité du signal de rythme de sortie se comporte comme un processus de bruit blanc MF à mesure que la durée d'observation augmente pour se situer dans la bande de poursuite de la boucle d'asservissement de phase;
- 4) en présence d'interruptions, le signal de rythme de sortie peut subir un décalage de fréquence systématique par rapport au signal de référence en raison d'une distorsion biaise dans le rétablissement de la phase lorsque la référence est reconstituée.

On trouvera ci-dessous la description d'essais particuliers.

I.1 Evaluation d'une horloge locale

Les résultats décrits ci-dessous concernent des données de performance réelles.

I.1.1 Essai avec signal d'entrée à débit primaire en mode non stressé

Le premier essai a été fait pour évaluer le signal de rythme de sortie dans des conditions d'entrée de référence idéales. Le signal d'entrée de référence à débit primaire est produit par le générateur rythmé par l'horloge de référence à jet de césium. La gigue en dehors de la largeur de bande de poursuite de la couche 3 de la boucle d'asservissement de phase est très inférieure à 1 ns. Sa valeur typique, mesurée par le compteur est de 300 ps.

Pour cet essai, l'appareil de mesure de la gigue est mis en dérivation et le signal à débit primaire provenant du simulateur-analyseur à débit primaire est introduit directement dans le synchroniseur. Cet essai s'est poursuivi pendant 67 heures. Les résultats sont présentés à la figure I-1. La racine carrée de la variance d'Allan est indiquée en fonction du temps d'observation. Les points de données signalés par un triangle correspondent à cet essai.

Les résultats de l'essai concordent avec ceux du modèle. Pour des données d'observation en dehors de la largeur de bande de poursuite de cette boucle d'asservissement de phase (moins de 60 secondes), la variance d'Allan indique un bruit blanc MF résultant de l'oscillateur à quartz local. A mesure que la durée d'observation augmente, la boucle d'asservissement de phase poursuit la référence et le processus de bruit converge sur un bruit blanc MP.

La valeur efficace du bruit blanc MP est de 85 ns. Une composante de ce bruit est l'erreur temporelle efficace de l'oscillateur en 60 secondes (la largeur de bande de cette boucle d'asservissement de phase est 1/60 sec.). De plus, une des deux composantes résulte de la résolution du détecteur de phase. Un phénomène qui se produit dans les boucles numériques est que l'erreur de phase peut produire des excursions d'au moins un bit dans toutes les directions à partir du point de réglage nominal. Cet effet est limité lorsque la gigue à l'entrée est de l'ordre d'un bit du détecteur de phase.

I.1.2 Essai avec signal d'entrée à débit primaire en condition de stress

Cet essai vise à émuler le comportement du synchroniseur dans les conditions de stress de réseaux réels. Pour cet essai, un bref événement de panne a été provoqué toutes les 15 minutes sous la commande d'un programme du simulateur-analyseur à débit primaire. La durée de ces événements était aléatoire avec une distribution uniforme entre 10 et 100 ms.

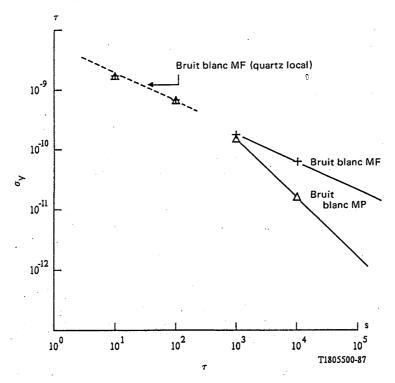
Pour cet essai, l'appareil de mesure de la gigue est mis en dérivation et le signal à débit primaire fourni par le simulateur/analyseur à débit primaire est introduit directement dans le synchroniseur. Cet essai s'est poursuivi pendant 50 heures. Les résultats sont présentés à la figure I-1. La racine carrée de la variance d'Allan est indiquée en fonction de la durée d'observation. Les points de données correspondant aux signes plus se rapportent à cet essai.

I.1.2.1 Résultats de la variance d'Allan

Les résultats des essais concordent avec le modèle. Pour des durées d'observation en dehors de la largeur de bande de poursuite de cette boucle d'asservissement de phase (moins de 60 s), la variance d'Allan indique un bruit blanc MF dû à l'oscillateur à quartz local. A mesure que la durée d'observation augmente, la boucle d'asservissement de phase subit une interruption toutes les 900 secondes. L'erreur de phase résiduelle s'accumule et produit une dérive de phase aléatoire (bruit blanc MF). La valeur de l'erreur par interruption est calculée comme s'élevant à 180 ns efficaces.

I.1.2.2 Décalage systématique de fréquence

Les données fournies par ces essais en condition de stress montrent un décalage de fréquence statistiquement significatif. Pendant les 50 heures de l'essai, ce décalage de fréquence a atteint 3×10^{-11} . Compte tenu du bruit blanc MF, l'erreur efficace atteint 1.5×10^{-11} . Ces valeurs correspondent à une erreur biaise comprise entre 1.5×4.5 ns sur la phase. Dans les horloges, de telles erreurs entraînent des décalages de fréquence. Il s'ensuit que, dans une certaine mesure, toutes les horloges d'un réseau fonctionnent en mode plésiochrone. Sur la base du cas le plus défavorable de dix interruptions par jour, le décalage de fréquence est de l'ordre de plusieurs parties sur 10^{12} .



- Durée d'observation de SN1 propre non perturbée 240,100 s \overline{Y} = 7E-13 bruit blanc MP 48 ns/ τ , τ > 10³ 85 ns valeur efficace journalière. Erreur de prévision
- + Signal propre de 1544 kbit/s. 1 panne/15 minutes, durée d'observation 180,000 s $\overline{Y} = 3E-11 \; (1\,\sigma=1,5\,E-11) \; \text{bruit blanc MF } 6E-9/\sqrt{\tau}, \tau > 10^3 \\ 1,76\;\mu\text{s valeur efficace journalière} \\ \text{(valeur efficace des interruptions: 180 ns) erreur de prévision} \\ f_3\; dB = 1/60\; \text{s} \\ \text{Intervalle de mesure } \tau_0 = 10\; \text{s. Largeur de bande de mesure: 0,33 Hz.}$

FIGURE I-1 Exemple d'horloge de nœud local

I.1.2.3 Signification des résultats des essais en condition de stress

Pour obtenir une interprétation sensée de ces résultats d'essais en condition de stress, il faut tenir compte du niveau d'interruption. Dans cet essai, ce niveau était de 100 interruptions par jour, ce qui est dix fois supérieur à ce que l'on peut prévoir sur une liaison à débit primaire réelle. Dans le cas de cette boucle d'asservissement de phase, le processus d'addition des erreurs est indépendant d'un événement à l'autre. Cette indépendance peut être prouvée par l'essai de plusieurs niveaux d'interruption. Les résultats indiquent une erreur efficace de 180 ns par interruption. Sur la base de 10 interruptions par jour, l'erreur efficace journalière est de 570 ns.

I.2 Evaluation des horloges de transit

Les résultats décrits dans cette section concernent des données de performance réelles.

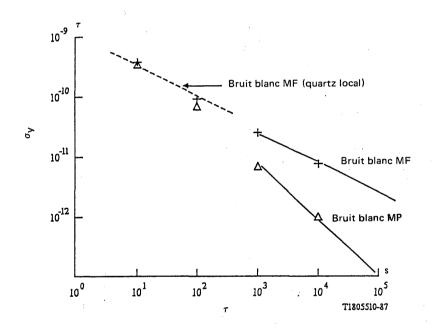
I.2.1 Essais avec signal d'entrée à débit binaire non stressé

Le premier essai a été fait pour évaluer le signal de rythme de sortie dans des conditions d'entrée de référence idéales. Le signal d'entrée de référence à débit binaire est produit par le simulateur/analyseur de débit binaire rythmé par une horloge de référence à jet de césium. La gigue en dehors de la largeur de bande de poursuite de la couche 3 de la boucle d'asservissement de phase est très inférieure à 1 ns. Sa valeur typique mesurée par le compteur est de 300 ps.

Pour cet essai l'appareil de mesure de la gigue est mis en dérivation. On introduit dans l'appareil de mesure de la gigue un signal externe modulé par la gigue. Le signal de gigue a une largeur de bande limitée par du bruit blanc. Un filtre unipolaire à coupure de 150 Hz/3 dB est utilisé. La gigue traverse un filtre passe-bas afin d'éviter la formation d'erreurs de verrouillage de trame dues à une gigue d'alignement haute fréquence. Le signal extérieur est réglé de manière à avoir un niveau de gigue crête à crête de 1,5 µs. Cet essai s'est poursuivi pendant 23 heures. Les résultats sont présentés sur la figure I-2. La racine carrée de la variance d'Allan y est indiquée en fonction de la durée d'observation. Les points de données correspondant à des triangles concernent cet essai.

Les résultats de l'essai concordent avec le modèle. Pour des durées d'observation en dehors de la largeur de bande de poursuite de cette boucle d'asservissement de phase (moins de 450 s), la variance d'Allan indique un bruit blanc MF résultant de l'oscillateur à quartz local. A mesure que le temps d'observation augmente, la boucle d'asservissement de phase poursuit la référence et le processus de bruit converge sur un bruit blanc MF.

La valeur efficace du bruit blanc MF est de 6 ns. C'est là une valeur exceptionnellement bonne qui résulte de la rigidité de la constante de temps de la boucle (450 s). Dans ce cas, la gigue d'entrée empêche les effets de saut en limite.



- Δ Signal SN1 non perturbé^{a)}. Temps d'observation à l'entrée 83,000 s \overline{Y} = +6E-13 Bruit blanc 'MP1E-8/ τ , τ > 10³ valeur efficace journalière: 6 ns. Erreur de prévision
- + 1544 kbit/s^{a)}. 1 panne/30 minutes. Temps d'observation 253,800 s $\hat{\vec{Y}}$ = +6E-13 Bruit blanc MF 8E-10/ $\sqrt{\tau}$ τ > 10³ valeur efficace journalière: 235 ns. Erreur de prévision

 $f_3 dB = 1/450 s$

a) 1,5 μ s crête à crête. Largeur de bande de la gigue = 150 Hz. Intervalle de mesure $\tau_0 = 10$ s. Largeur de bande de mesure = 0,33 Hz.

FIGURE I-2

Exemple d'horloge de nœud de transit

Cet essai vise à émuler le comportement du synchroniseur dans les conditions de stress qui sont celles de réseaux réels. Pour cet essai, un bref événement de panne est produit toutes les 30 minutes sous la commande d'un programme par le simulateur/analyseur de niveau primaire. La durée de ces événements de panne est aléatoire avec une distribution uniforme comprise entre 10 et 100 ms.

Pour cet essai, l'appareil de mesure de la gigue est en circuit, on y introduit un signal externe modulé par la gigue. Le signal de gigue a une largeur de bande limitée par un bruit blanc. Un filtre unipolaire à coupure de 150 Hz/3 dB est utilisé. La gigue traverse un filtre passe-bas pour éviter la formation d'erreurs de verrouillage de trame dues à la gigue d'alignement haute fréquence. Le signal externe est ajusté de manière à avoir un niveau de gigue crête à crête de 1,5 µs. L'essai a duré 70 heures. Les résultats en sont présentés à la figure I-2. La racine carrée de la variance d'Allan est indiquée en fonction de la durée d'observation. Les points de données correspondant à des signes plus s'appliquent à cet essai.

I.2.2.1 Résultats de la variance d'Allan

Les résultats de l'essai concordent avec ceux du modèle. Pour des durées d'observation en dehors de la largeur de bande de poursuite de cette boucle d'asservissement de phase (moins de 450 s), la variance d'Allan indique un bruit blanc MF dû à l'oscillateur à quartz local. A mesure que la durée d'observation augmente, la boucle d'asservissement de phase subit une interruption toutes les 1800 secondes. L'erreur résiduelle sur la phase s'accumule et produit une dérive de phase aléatoire (bruit blanc MF). La valeur efficace de l'erreur accumulée par interruption a été calculée et établie à 34 ns. La gigue sur le signal à débit binaire d'entrée contribue à cette erreur. L'algorithme établit la moyenne pour le signal d'entrée et améliore l'évaluation de l'effet de l'erreur de phase sur l'accumulation.

1.2.2.2 Décalage de fréquence systématique

Les données des essais en condition de stress montrent que le décalage de fréquence est statistiquement sans signification. Le décalage de fréquence atteint 6×10^{-13} sur un essai de 70 heures. Compte tenu du bruit blanc MF, la valeur de l'erreur efficace est de 1,5 \times 10⁻¹². Compte tenu de cette incertitude, il n'y a aucune indication de biais dans les données. Dans le cas le plus défavorable, ce biais ne devrait pas dépasser le niveau d'incertitude de 1,5 \times 10⁻¹².

I.2.2.3 Signification des résultats des essais en condition de stress

Pour parvenir à une interprétation sensée des résultats d'essais en condition de stress, il faut tenir compte du niveau des interruptions. Dans cet essai, ce niveau était de 48 interruptions par jour. Cette valeur est cinq fois supérieure à ce que l'on peut attendre sur des liaisons à débit primaire réelles. Dans la boucle d'asservissement de phase utilisée, le processus d'accumulation d'erreur devrait être indépendant d'un événement à l'autre si l'on tient compte de la conception de la boucle. On peut le prouver par l'essai de plusieurs niveaux d'interruptions. Les résultats obtenus montrent une erreur efficace de 34 ns par interruption. Si l'on compte 10 interruptions par jour, l'erreur efficace journalière est de 100 ns.

I.3 Limites de confiance de la variance d'Allan

La distribution des variances par échantillon (comme les variances d'Allan par échantillon) est une distribution en chi carré. En se fondant sur les travaux de J. Barnes décrits dans [1], l'intervalle de confiance pour la variance d'Allan peut être calculé dans l'hypothèse d'un processus de bruit déterminé. En calculant les variances d'Allan par échantillon, on a utilisé un chevauchement complet des intervalles de retard. C'est là l'utilisation la plus efficace des données. Il serait cependant incorrect d'admettre une indépendance dans les échantillons en chevauchement lors du calcul des intervalles de confiance. Ce problème est décrit en détail dans [1]. En bref, nous avons utilisé les méthodes de calcul de l'intervalle de confiance décrites dans la référence [1].

Les facteurs de confiance de 90% pour le bruit blanc MP sont limités entre 0,9 et 1,1 pour tous les temps de retard jusqu'à 10 000 s dans l'hypothèse d'une durée d'observation d'un jour. Dans le cas du bruit blanc MF sur une durée d'observation d'un jour, les facteurs de confiance avaient les valeurs suivantes: pour un intervalle de retard de 1000 s, la limite inférieure était 0,9 et la limite supérieure 1,2. Dans le cas d'intervalles de retard de 10 000 s, les limites des facteurs de confiance étaient respectivement 0,75 et 1,5.

A titre d'exemple de la signification de ces facteurs, prenons la composante de bruit blanc MF de la figure I-2 (données affectées du signe plus). Pour le second retard de $10\,000\,\mathrm{s}$, la racine carrée de la variance par échantillon est 8×10^{-12} . L'intervalle de confiance de 90% pour la variance vraie est limité par les facteurs de confiance multipliés par la variance par échantillon. La racine carrée de la variance d'Allan est ainsi comprise entre $6.9\times10^{-12}\,\mathrm{et}\,9.8\times10^{-12}$ avec un niveau de confiance de 90%.

Référence

[1] BARNES (J. A.): Data analysis and confidence intervals, NBS Time and Frequency Seminar Notes, Chapitre 6, août 1986.

Supplément nº 36

ACCUMULATION DE LA GIGUE ET DU DÉRAPAGE DANS LES RÉSEAUX NUMÉRIQUES

(mentionné dans la Recommandation G.824)

Le présent supplément décrit un modèle qui a été utilisé pour calculer l'accumulation de la gigue et du dérapage dans des réseaux numériques réalisés à partir de régénérateurs numériques et d'équipements multiplex numériques asynchrones montés en cascade. Ce modèle ne comprend pas d'autres sources de production de dérapage: par exemple, environnement, interruptions dans la distribution de la référence de synchronisation, etc.

1 Accumulation de la gigue et du dérapage - Régénérateur numérique

Le modèle le plus largement utilisé d'accumulation gigue/dérapage due à un régénérateur, modèle attribué à Chapman [1], traite le régénérateur comme un système linéaire invariant en dérive. Pour calculer la gigue/dérapage accumulée après N régénérateurs en cascade, on divise la gigue/dérapage intrinsèque d'un régénérateur en ses composantes aléatoires et systématiques. Le modèle de Chamzas [2] indique comment les variations stochastiques des circuits de reprise de rythme des régénérateurs influent sur l'accumulation gigue/dérapage. Les résultats de cette étude montrent que l'utilisation de la caractéristique de transfert gigue/dérapage moyenne appropriée, dans le modèle d'accumulation résumé ci-dessus pour des régénérateurs identiques, fournit une très bonne estimation de l'accumulation calculée dans l'hypothèse d'une variation stochastique des circuits de reprise de rythme.

Considérons le modèle de Chapman pour une chaîne de N régénérateurs identiques. Désignons par $H_1(j\omega)$ la caractéristique de transfert de gigue/dérapage pour un seul régénérateur et redéfinissons les composantes aléatoires et systématiques comme des composantes respectivement à corrélation nulle et à corrélation totale:

- la densité spectrale de puissance de la composante aléatoire de gigue/dérapage est:

$$\Phi_N^R(\omega) = \Phi_{i1}^R |H_1(j\omega)|^2 \frac{1 - |H_1(j\omega)|^{2N}}{1 - |H_1(j\omega)|^2}$$
(1)

où Φ_{i1}^R est la densité spectrale de puissance constante de gigue/dérapage aléatoire (indépendante de la séquence, plus une composante non corrélée dépendant de la séquence) produite intérieurement, pour un régénérateur unique;

- la densité spectrale de puissance de la composante systématique de gigue/dérapage est:

$$\Phi_N^S(\omega) = \Phi_{i1}^S |H_1(j\omega)|^2 \frac{|1 - H_1(j\omega)^N|^2}{|1 - H_1(j\omega)|^2}$$
 (2)

où Φ_{ii}^S est la densité spectrale de puissance constante de la gigue/dérapage systématique (corrélée et dépendant de la séquence) produite intérieurement, pour un régénérateur unique. Φ_{ii}^R et Φ_{ii}^S peuvent être estimés à partir de mesures pratiques fondées sur la réponse (en gigue/dérapage) du régénérateur à des mots courts et à des mots longs provenant d'un générateur de séquences, et à partir d'études de corrélation

S'il n'y a pas de pointes dans la caractéristique de transfert de gigue/dérapage du régénérateur, la gigue/dérapage systématique s'accumule beaucoup plus rapidement que la composante aléatoire [1], [4], [5]; c'est la raison pour laquelle on néglige souvent l'accumulation de gigue/dérapage aléatoire. Néanmoins, pour un grand nombre de régénérateurs ayant une caractéristique de transfert de gigue/dérapage comprenant des pointes, l'accumulation totale peut être dominée par la composante aléatoire.

2 Accumulation de la gigue et du dérapage – Equipement multiplex numérique asynchrone

Dans le cas d'une gigue/dérapage d'entrée gaussienne, ayant une amplitude efficace σ et une densité spectrale de puissance bilatérale $\Phi_{in}(f)$, la gigue/dérapage intrinsèque du multiplex, avant filtrage, est donnée par [6]:

$$\Phi_{out}(f) = sinc^{2} f \operatorname{rep} \Phi_{in}(f) + \sum_{n=1}^{x} \frac{p^{2}}{(2\pi n)^{2}} \left[\delta(f-n) + \delta(f+n) \right] + \sum_{n=1}^{x} \frac{sinc^{2} f}{(2\pi n)^{2}} \left[\operatorname{rep} Z_{n}(f-np) + \operatorname{rep} Z_{n}(f+np) \right]$$
(3)

où rep
$$X(f) = \sum_{k=x}^{x} X(f-k)$$

$$Z_n(f) = e^{-2\pi n\sigma} \left[\delta(f) + \sum_{k=1}^{x} \left[\frac{2\pi n}{k!} \right]^{2k} \Phi_{in}(f) * \dots * \Phi_{in}(f) \right]$$

ρ Rapport de bourrage du multiplexeur

f Fréquence de gigue/dérapage normalisée par rapport à la fréquence de bourrage maximale du multiplexeur

3 Méthode de combinaison

En supposant que l'accumulation de la gigue/dérapage provenant de chaque élément peut être modélisée par des variables aléatoires gaussiennes filtrées, on calcule le spectre de puissance ainsi que l'amplitude efficace en aval de chaque élément¹⁾ comme l'accumulation imputable aux éléments précédents, en appliquant les règles suivantes [3]:

 Le spectre de gigue/dérapage à la sortie d'une chaîne de régénérateurs est la somme des puissances de gigue/dérapage produites par les régénérateurs [équations (1) et (2)] et de toute gigue/dérapage à l'entrée de la chaîne, convenablement filtrée par la caractéristique de transfert équivalente de la gigue/dérapage. Ainsi, pour la gigue/dérapage d'entrée, Φ_{in}(ω), la gigue/dérapage de sortie, Φ_{out}(ω), est donnée par:

$$\Phi_{out}(\omega) = \Phi_{i1}^{R} |H_{1}(j\omega)|^{2} \frac{1 - |H_{1}(j\omega)|^{2y}}{1 - |H_{1}(j\omega)|^{2}} +$$

$$+ \Phi_{i1}^{S} |H_{1}(j\omega)|^{2} \frac{|1 - H_{1}(j\omega)^{N}|^{2}}{|1 - H_{1}(j\omega)|^{2}} + \Phi_{in}(\omega) |H_{1}(j\omega)^{N}|^{2}$$
(4)

ii) Le spectre de gigue/dérapage à la sortie d'un démultiplexeur est la somme des puissances de la gigue/dérapage intrinsèque non filtrée du multiplex et de la gigue/dérapage d'entrée accumulée, au débit le plus élevé, affaiblie par la caractéristique de transfert de gigue/dérapage du désynchroniseur. Ainsi, si l'on désigne par Φ_{in,1}(ω) la gigue/dérapage intrinsèque non filtrée du multiplex et par Φ_{in,2}(ω) la gigue/dérapage d'entrée accumulée, au débit le plus élevé, la gigue/dérapage de sortie Φ_{out}(ω) est donnée par:

$$\Phi_{out}(\omega) = \left\{ \Phi_{in,1}(\omega) + \frac{\Phi_{in,2}(\omega)}{r^2} \right\} |G(j\omega)|^2$$
 (5)

où r est le rapport de la fréquence de sortie du multiplexeur à la fréquence tributaire, et $G(j\omega)$ représente la caractéristique de transfert de gigue/dérapage du désynchroniseur.

¹⁾ Les équations qui suivent sont valables à la fois pour les spectres de puissance unilatéraux et bilatéraux et pour les caractéristiques de transfert correspondantes.

4 Définition de l'amplitude de gigue/dérapage crête à crête

La probabilité pour que la gigue/dérapage dépasse une amplitude de seuil particulière, |x|, n fois pendant l'intervalle de temps $(t, t + \Delta t)$, peut être décrite par une fonction de densité de Poisson [3]:

$$Pr\left\{n(\pm x) \text{ franchissements dans } (t, t + \Delta t)\right\} = \frac{\left\{\overline{N(x)}\Delta t\right\}^n}{n!} e^{-\overline{N(x)}\Delta t}$$
 (6)

où $\overline{N(x)}$ est le nombre moyen de fois par seconde que le seuil |x| est franchi.

Pour une gigue/dérapage gaussienne avec densité de puissance spectrale bilatérale $\Phi(\omega)$, $\overline{N(x)}$ est donné par [7]:

$$\overline{N(x)} = N_0 e^{-x^2 \Omega \sigma^2}$$
où
$$\sigma^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \Phi(\omega) d\omega$$

$$N_0 = \frac{1}{\pi} \left\{ \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\omega^2 \Phi(\omega) d\omega}{2\pi \sigma^2} \right\}^{1/2}$$

La probabilité que la gigue/dérapage ne franchisse pas le seuil pendant l'intervalle de temps $(t, t + \Delta t)$ est:

$$1 - P_0 = e^{-\overline{N(x)}\Delta t} \tag{8}$$

En résolvant l'équation par rapport au seuil:

$$|x| = \left\{ 2\sigma^2 \ln \left[N_0 \frac{\Delta t}{\ln \left(\frac{1}{1 - P_\sigma} \right)} \right] \right\}^{1/2}$$
(9)

Si on suppose que chaque fois que le seuil est franchi, il peut en résulter un événement indésirable (dégradation), le temps moyen entre dégradations, MTBI (Mean time between impairments), peut être pris égal à:

$$MTBI = \frac{1}{N(x)} \tag{10}$$

Ainsi l'équation (9) peut s'écrire:

$$\left| x \right| = \left\{ 2\sigma^2 \ln(N_0 \ MTBI) \right\}^{1/2} \tag{11}$$

Références

- [1] BYRNE (C. J.), KARAFIN (B. J.) et ROBINSON (D. B.) Jr.: Systematic Jitter in a Chain of Digital Regenerators, Bell System Technical Journal, novembre 1983.
- [2] CHAMZAS (C.): Accumulation of Jitter: A Stochastic Model, AT&T Technical Journal, vol. 64, no 1, janvier 1985.
- [3] BATES (R. J. S.): A Model for Jitter Accumulation in Digital Networks, Globecom' 83, p. 145-149, 1983.
- [4] TRISCHITTA (P. R.): Jitter Accumulation in Fiber Optic Systems, *Rutgers*, The State University of New Jersey, mai 1986.
- [5] VARMA (E. L.) et WU (J.): Analysis of Jitter Accumulation in a Chain of PLL Timing Recovery Circuits, *Proceedings of the IEEE Globecom*, vol. II, p. 653-657, 1982.
- [6] DUTTWEILER (D. L.): Waiting Time Jitter, Bell System Technical Journal, vol. 51, n° 1, p. 165-208, 1972.
- [7] BENDAT (J. S.): Principles and Applications of Random Noise Theory, Robert E. Krieger Publishing Company, Hungtington, New York, 1977.