

Union internationale des télécommunications

**UIT-T**

**G.8261/Y.1361**

SECTEUR DE LA NORMALISATION  
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
DE L'UIT

(05/2006)

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

Aspects relatifs aux protocoles en mode paquet sur  
couche Transport – Objectifs de qualité et de disponibilité

SÉRIE Y: INFRASTRUCTURE MONDIALE DE  
L'INFORMATION, PROTOCOLE INTERNET ET  
RÉSEAUX DE PROCHAINE GÉNÉRATION

Aspects relatifs au protocole Internet – Transport

---

**Aspects de rythme et de synchronisation des  
réseaux paquets**

Recommandation UIT-T G.8261/Y.1361

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE G  
**SYSTÈMES ET SUPPORTS DE TRANSMISSION, SYSTÈMES ET RÉSEAUX NUMÉRIQUES**

CONNEXIONS ET CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX	G.100–G.199
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES COMMUNES À TOUS LES SYSTÈMES ANALOGIQUES À COURANTS PORTEURS	G.200–G.299
CARACTÉRISTIQUES INDIVIDUELLES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX À COURANTS PORTEURS SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.300–G.399
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX HERTZIENS OU À SATELLITES ET INTERCONNEXION AVEC LES SYSTÈMES SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.400–G.449
COORDINATION DE LA RADIOTÉLÉPHONIE ET DE LA TÉLÉPHONIE SUR LIGNES	G.450–G.499
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.600–G.699
EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	G.700–G.799
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.800–G.899
SECTIONS NUMÉRIQUES ET SYSTÈMES DE LIGNES NUMÉRIQUES	G.900–G.999
QUALITÉ DE SERVICE ET DE TRANSMISSION – ASPECTS GÉNÉRIQUES ET ASPECTS LIÉS À L'UTILISATEUR	G.1000–G.1999
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.6000–G.6999
DONNÉES SUR COUCHE TRANSPORT – ASPECTS GÉNÉRIQUES	G.7000–G.7999
ASPECTS RELATIFS AUX PROTOCOLES EN MODE PAQUET SUR COUCHE TRANSPORT	G.8000–G.8999
Aspects relatifs au protocole Ethernet sur couche Transport	G.8000–G.8099
Aspects relatifs au protocole MPLS sur couche Transport	G.8100–G.8199
<b>Objectifs de qualité et de disponibilité</b>	<b>G.8200–G.8299</b>
Gestion des services	G.8600–G.8699
RÉSEAUX D'ACCÈS	G.9000–G.9999

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

# **Recommandation UIT-T G.8261/Y.1361**

## **Aspects de rythme et de synchronisation des réseaux paquets**

### **Résumé**

La présente Recommandation définit les aspects de synchronisation dans les réseaux paquets. Elle spécifie les limites maximales de gigue et de dérapage à ne pas dépasser dans ces réseaux. Elle spécifie en outre la tolérance minimale des équipements vis-à-vis de la gigue et du dérapage, qui doit être observée à la limite de ces réseaux paquets aux interfaces TDM et définit par ailleurs les exigences minimales pour la fonction de synchronisation des éléments de réseau.

Les caractéristiques requises de gigue et de dérapage spécifiées dans la présente Recommandation doivent impérativement être observées afin de garantir l'interopérabilité des équipements provenant de différents fabricants ainsi qu'un fonctionnement de réseau satisfaisant.

La présente édition incorpore les modifications apportées par le Corrigendum 1 approuvé le 14 décembre 2006 par la Commission d'études 15.

### **Source**

La Recommandation UIT-T G.8261/Y.1361 a été approuvée le 22 mai 2006 par la Commission d'études 15 (2005-2008) de l'UIT-T selon la procédure définie dans la Recommandation UIT-T A.8.

### **Mots clés**

Dérapage, gigue, horloge, synchronisation.

## AVANT-PROPOS

L'UIT (Union internationale des télécommunications) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications. L'UIT-T (Secteur de la normalisation des télécommunications) est un organe permanent de l'UIT. Il est chargé de l'étude des questions techniques, d'exploitation et de tarification, et émet à ce sujet des Recommandations en vue de la normalisation des télécommunications à l'échelle mondiale.

L'Assemblée mondiale de normalisation des télécommunications (AMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'étude à traiter par les Commissions d'études de l'UIT-T, lesquelles élaborent en retour des Recommandations sur ces thèmes.

L'approbation des Recommandations par les Membres de l'UIT-T s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

Dans certains secteurs des technologies de l'information qui correspondent à la sphère de compétence de l'UIT-T, les normes nécessaires se préparent en collaboration avec l'ISO et la CEI.

## NOTE

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

Le respect de cette Recommandation se fait à titre volontaire. Cependant, il se peut que la Recommandation contienne certaines dispositions obligatoires (pour assurer, par exemple, l'interopérabilité et l'applicabilité) et considère que la Recommandation est respectée lorsque toutes ces dispositions sont observées. Le futur d'obligation et les autres moyens d'expression de l'obligation comme le verbe "devoir" ainsi que leurs formes négatives servent à énoncer des prescriptions. L'utilisation de ces formes ne signifie pas qu'il est obligatoire de respecter la Recommandation.

## DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

L'UIT attire l'attention sur la possibilité que l'application ou la mise en œuvre de la présente Recommandation puisse donner lieu à l'utilisation d'un droit de propriété intellectuelle. L'UIT ne prend pas position en ce qui concerne l'existence, la validité ou l'applicabilité des droits de propriété intellectuelle, qu'ils soient revendiqués par un membre de l'UIT ou par une tierce partie étrangère à la procédure d'élaboration des Recommandations.

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT n'avait pas été avisée de l'existence d'une propriété intellectuelle protégée par des brevets à acquérir pour mettre en œuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux développeurs de consulter la base de données des brevets du TSB sous <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2007

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

## TABLE DES MATIÈRES

		<b>Page</b>
1	Domaine d'application .....	1
2	Références normatives.....	1
3	Définitions .....	3
4	Abréviations.....	3
5	Conventions .....	4
6	Généralités .....	4
	6.1 Exigences de synchronisation des réseaux paquets.....	5
	6.2 Exigences de rythme TDM.....	6
	6.3 Conception du réseau de synchronisation dans les réseaux paquets .....	6
	6.4 Exigences de rythme en périphérie/exigences de rythme dans les réseaux centraux .....	7
7	Limites dans le réseau.....	7
	7.1 Modèle de réseau déterminant les limites dans le réseau .....	8
8	Distribution du signal de rythme de référence dans les réseaux paquets .....	11
	8.1 Méthodes plésiochrones et synchrones au niveau du réseau.....	11
	8.2 Méthodes fondées sur les paquets .....	13
9	Récupération du rythme pour les services à débit binaire constant acheminés sur des réseaux paquets.....	13
	9.1 Fonctionnement synchrone au niveau du réseau .....	14
	9.2 Méthodes différentielles .....	14
	9.3 Méthodes adaptatives .....	15
	9.4 Horloge de référence disponible au niveau des systèmes d'extrémité TDM..	15
10	Incidence des altérations dans les réseaux paquets sur la distribution du rythme et sur la récupération de l'horloge de service.....	16
	10.1 Temps de transfert des paquets et variation du temps de transfert.....	18
	10.2 Incidences des altérations concernant les paquets.....	21
11	Incidence de l'altération de l'horloge de référence sur la distribution du rythme et sur la récupération d'horloge de service .....	22
	11.1 Altérations dans le cas des méthodes de fonctionnement synchrone au niveau du réseau .....	22
	11.2 Altérations dans le cas de la méthode différentielle.....	24
12	Exigences liées à la synchronisation de la fonction IWF .....	25
	12.1 Interfaces de trafic .....	25
	12.2 Interfaces de synchronisation .....	25
	12.3 Fonction de synchronisation de la fonction IWF .....	26
13	Résultats et conséquences des différentes méthodes de synchronisation vis-à-vis des modèles de référence de réseau paquets.....	28
	13.1 Recommandations concernant la configuration de mise en place 1 .....	28

	<b>Page</b>	
13.2	Recommandations concernant la configuration de mise en place 3.....	29
13.3	Recommandations concernant l'application A de la configuration de mise en place 2.....	29
13.4	Recommandations concernant l'application B de la configuration de mise en place n° 2.....	30
Annexe A –	Architecture de réseau proposée pour la couche Physique Ethernet synchrone..	32
A.1	Emplacement des horloges PRC .....	32
A.2	Messages d'état de synchronisation.....	33
A.3	Limitation de la gigue et du dérapage pour une solution Ethernet synchrone.....	33
Appendice I –	Caractéristiques des commutateurs et des réseaux Ethernet.....	34
I.1	Caractéristiques de temps de traitement des commutateurs Ethernet .....	34
I.2	Caractéristiques des réseaux Ethernet commutés.....	37
Appendice II –	Période de stabilisation .....	39
Appendice III –	Modèles fonctionnels fondés sur les Recommandations UIT-T G.805 et G.809 .....	40
III.1	Application de la Rec. UIT-T G.805 à la fonction IWF.....	40
III.2	Informations de rythme transportées dans les réseaux de couche.....	42
III.3	Modèle fonctionnel de synchronisation à partir de la couche Physique Ethernet.....	42
III.4	Modèle fonctionnel concernant les méthodes différentielles et les méthodes adaptatives.....	43
Appendice IV –	Aspects de synchronisation à la périphérie du réseau .....	46
IV.1	Exigences de synchronisation concernant les stations de base GSM, WCDMA et CDMA2000 .....	46
Appendice V –	Modèles de référence des réseaux paquets .....	47
Appendice VI –	Lignes directrices concernant les mesures .....	50
VI.1	Points de référence pour les mesures.....	50
VI.2	Topologies de test.....	51
Appendice VII –	Limites de dérapage dans la configuration de mise en place 1 .....	57
VII.1	Limites pour l'interface à 2048 kbit/s.....	57
VII.2	Limites pour l'interface à 1544 kbit/s.....	58
Appendice VIII –	Messages d'état de synchronisation dans la couche physique Ethernet synchrone.....	59
VIII.1	Exploitation et maintenance concernant la synchronisation .....	59
VIII.2	Messages d'état de synchronisation.....	60
VIII.3	Nouveaux équipements Ethernet.....	61
VIII.4	Equipements Ethernet existants.....	61
BIBLIOGRAPHIE	.....	62

# Recommandation UIT-T G.8261/Y.1361

## Aspects de rythme et de synchronisation des réseaux paquets

### 1 Domaine d'application

La présente Recommandation définit les aspects de synchronisation dans les réseaux paquets. Elle spécifie les limites maximales de gigue et de dérapage à ne pas dépasser dans ces réseaux. Elle spécifie en outre la tolérance minimale des équipements vis-à-vis de la gigue et du dérapage, qui doit être observée à la limite de ces réseaux paquets aux interfaces TDM. Elle définit par ailleurs les exigences minimales pour la fonction de synchronisation des éléments de réseau.

Elle concerne en particulier le transport des informations de synchronisation des signaux TDM dans les réseaux paquets.

NOTE – L'application du transport des signaux SDH doit faire l'objet d'un complément d'étude.

Les réseaux paquets qui relèvent de la présente Recommandation sont limités actuellement aux scénarios suivants:

- Ethernet (IEEE 802.3 [15], IEEE 802.1D<sup>TM</sup> [14], IEEE 802.1 ad<sup>TM</sup> [32], IEEE 802.1Q-REV<sup>TM</sup> [29]).

Il est prévu que les scénarios suivants soient pris en compte dans une prochaine édition de la présente Recommandation:

- MPLS (IETF RFC 3031 [B12], Rec. UIT-T G.8110/Y.1370 [22]);
- IP (IETF RFC 791 [B13], et RFC 2460 [B9]).

### 2 Références normatives

La présente Recommandation se réfère à certaines dispositions des Recommandations UIT-T et textes suivants qui, de ce fait, en sont partie intégrante. Les versions indiquées étaient en vigueur au moment de la publication de la présente Recommandation. Toute Recommandation ou tout texte étant sujet à révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à se reporter, si possible, aux versions les plus récentes des références normatives suivantes. La liste des Recommandations de l'UIT-T en vigueur est régulièrement publiée. La référence à un document figurant dans la présente Recommandation ne donne pas à ce document, en tant que tel, le statut d'une Recommandation.

- [1] Recommandation UIT-T G.703 (2001), *Caractéristiques physiques et électriques des interfaces numériques hiérarchiques.*
- [2] Recommandation UIT-T G.783 (2006), *Caractéristiques des blocs fonctionnels des équipements de la hiérarchie numérique synchrone.*
- [3] Recommandation UIT-T G.801 (1988), *Modèles de transmission numérique.*
- [4] Recommandation UIT-T G.803 (2000), *Architecture des réseaux de transport à hiérarchie numérique synchrone.*
- [5] Recommandation UIT-T G.810 (1996), *Définitions et terminologie des réseaux de synchronisation.*
- [6] Recommandation UIT-T G.811 (1997), *Caractéristiques de rythme des horloges de référence primaires.*
- [7] Recommandation UIT-T G.812 (2004), *Spécifications de rythme des horloges asservies utilisées comme horloges nodales dans les réseaux de synchronisation.*

- [8] Recommandation UIT-T G.813 (2003), *Caractéristiques de rythme des horloges asservies utilisées dans les équipements SDH.*
- [9] Recommandation UIT-T G.822 (1988), *Objectifs de limitation du taux de glissement commandé dans une communication numérique internationale.*
- [10] Recommandation UIT-T G.823 (2000), *Régulation de la gigue et du dérapage dans les réseaux numériques fondés sur la hiérarchie à 2048 kbit/s.*
- [11] Recommandation UIT-T G.824 (2000), *Régulation de la gigue et du dérapage dans les réseaux numériques fondés sur la hiérarchie à 1544 kbit/s.*
- [12] Recommandation UIT-T G.825 (2000), *Régulation de la gigue et du dérapage dans les réseaux numériques à hiérarchie numérique synchrone.*
- [13] IEEE Standard 802<sup>TM</sup>-2001, *IEEE standard for Local and Metropolitan Area Networks: Overview and Architecture.*
- [14] IEEE Standard 802.1D<sup>TM</sup>-2004, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Media Access Control (MAC) Bridges.*
- [15] IEEE Standard 802.3<sup>TM</sup>-2005, *Part 3, CSMA/CD access method and physical layer specifications.*
- [16] Recommandation UIT-T G.702 (1988), *Débits binaires de la hiérarchie numérique.*
- [17] Recommandation UIT-T O.171 (1997), *Appareil de mesure de la gigue et du dérapage de rythme dans les systèmes numériques à hiérarchie numérique plésiochrone.*
- [18] Recommandation UIT-T O.172 (2005), *Appareil de mesure de la gigue et du dérapage dans les systèmes numériques à hiérarchie numérique synchrone.*
- [19] Recommandation UIT-T V.90 (1998), *Paire modem numérique-modem analogique destinée à être utilisée sur le réseau téléphonique public commuté à des débits allant jusqu'à 56 000 bit/s vers l'aval et 33 600 bit/s vers l'amont.*
- [20] Recommandation UIT-T T.4 (2003), *Normalisation des télécopieurs du Groupe 3 pour la transmission de documents.*
- [21] Recommandation UIT-T G.8010/Y.1306 (2004), *Architecture des réseaux de couche Ethernet.*
- [22] Recommandation UIT-T G.8110/Y.1370 (2005), *Architecture du réseau de couche MPLS.*
- [23] Recommandation UIT-T G.701 (1993), *Vocabulaire relatif à la modulation par impulsions et codage (MIC), au multiplexage et à la transmission numériques.*
- [24] Recommandation UIT-T Y.1411 (2003), *Interfonctionnement des réseaux ATM et MPLS – Interfonctionnement dans le plan utilisateur en mode cellule.*
- [25] Recommandation UIT-T Y.1540 (2002), *Service de communication de données par protocole Internet – Paramètres de performances pour le transfert de paquets IP et la disponibilité de ce service.*
- [26] Recommandation UIT-T Y.1560, (2003), *Paramètres de qualité de fonctionnement des connexions TCP en présence de médiateurs.*
- [27] Recommandation UIT-T Y.1561 (2004), *Paramètres de performance et de disponibilité des réseaux MPLS.*
- [28] Recommandation UIT-T Y.1731 (2006), *Fonctions et mécanismes d'exploitation et de maintenance pour les réseaux à base d'Ethernet.*

- [29] IEEE Standard 802.1Q-REV<sup>TM</sup>-2005, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Virtual Bridged Local Area Networks*.
- [30] Recommandation UIT-T G.705 (2000), *Caractéristiques des blocs fonctionnels des équipements de la hiérarchie numérique plésiochrone*.
- [31] Recommandation UIT-T I.363.1 (1996), *Spécification de la couche d'adaptation ATM du RNIS-LB : AAL de type 1*.
- [32] IEEE Standard 802.1ad<sup>TM</sup>-2005, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Provider Bridges*.

### 3 Définitions

La présente Recommandation définit les termes suivants:

- 3.1 interface asynchrone:** voir Rec. UIT-T G.823 [10].
- 3.2 îlot de services d'émulation de circuit:** segment d'un réseau fondé sur les technologies de commutation de paquets qui émule les caractéristiques d'un réseau à commutation de circuit ou d'un réseau de transport PDH/SDH, afin d'acheminer les services CBR (par exemple, E1).
- 3.3 fonction d'interfonctionnement (IWF, *interworking function*):** voir Rec. UIT-T Y.1411 [24].
- 3.4 fonctionnement synchrone du réseau:** synchronisation de la couche Physique (généralement par une distribution d'un signal de rythme calé sur une horloge primaire de référence (PRC), voir Rec. UIT-T G.811).
- 3.5 période de stabilisation:** période qui commence au moment où une source de rythme validée a été choisie par la fonction d'interfonctionnement et qui se termine au moment où les caractéristiques de rythme de sortie sont conformes aux exigences de gigue et de dérapage de sortie.
- 3.6 interface synchrone:** voir Rec. UIT-T G.823.
- 3.7 multiplex par répartition dans le temps (TDM, *time division multiplex*):** terme qui désigne normalement les flux binaires isochrones utilisés dans les réseaux de téléphonie; en particulier ceux qui font partie d'une hiérarchie numérique plésiochrone, telle que décrite dans la Rec. UIT-T G.705 [30]. Les débits binaires traditionnellement utilisés dans différentes régions du monde sont indiqués de façon détaillée dans la Rec. UIT-T G.702 [16]. Les signaux appartenant aux hiérarchies PDH et SDH sont des exemples de signaux relevant de la définition du multiplex temporel.
- 3.8 interface de trafic:** voir Rec. UIT-T G.823.

### 4 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

3GPP	projet de partenariat de troisième génération ( <i>third generation partnership project</i> )
ATM	mode de transfert asynchrone ( <i>asynchronous transfer mode</i> )
BS	station de base ( <i>base station</i> )
CBR	débit binaire constant ( <i>constant bit rate</i> )
CDMA	accès multiple par répartition de code ( <i>code division multiple access</i> )
CE	équipement client ( <i>customer equipment</i> )
CES	service d'émulation de circuit ( <i>circuit emulation service</i> )
FE	Ethernet rapide ( <i>fast Ethernet</i> )

GE	Ethernet gigabit ( <i>gigabit Ethernet</i> )
GPS	système mondial de localisation ( <i>global positioning system</i> )
GSM	système mondial de communications mobiles ( <i>global system for mobile communications</i> )
IEEE	Institut des ingénieurs électriciens et électroniciens ( <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> )
IP	protocole Internet ( <i>Internet protocol</i> )
IWF	fonction d'interfonctionnement ( <i>interworking function</i> )
MAC	commande d'accès au support ( <i>medium access control</i> )
MRTIE	erreur relative maximale d'intervalle temporel ( <i>maximum relative time interval error</i> )
MTIE	erreur maximale d'intervalle temporel ( <i>maximum time interval error</i> )
NTP	protocole de temps réseau ( <i>network time protocol</i> )
OTN	réseau de transport optique ( <i>optical transport network</i> )
PDH	hiérarchie numérique plésiochrone ( <i>plesiochronous digital hierarchy</i> )
PRC	horloge primaire de référence ( <i>primary reference clock</i> )
RTPC	réseau public téléphonique commuté
SASE	équipement autonome de synchronisation ( <i>stand alone synchronisation equipment</i> )
SDH	hiérarchie numérique synchrone ( <i>synchronous digital hierarchy</i> )
SEC	horloge d'équipement SDH ( <i>SDH equipment clock</i> )
SLA	accord sur le niveau de service ( <i>service level agreement</i> )
SRTS	horodate résiduelle synchrone ( <i>synchronous residual time stamp</i> )
SSM	message d'état de synchronisation ( <i>synchronisation status message</i> )
SSU	unité de synchronisation ( <i>synchronisation supply unit</i> )
STM	mode de transfert synchrone ( <i>synchronous transfer mode</i> )
TDEV	écart temporel ( <i>time deviation</i> )
TDM	multiplex par répartition dans le temps ( <i>time division multiplex</i> )
UI	intervalle unitaire ( <i>unit interval</i> )
UTC	temps universel coordonné ( <i>universal time coordinated</i> )

## 5 Conventions

Les termes "paquets" et "trames" sont utilisés de façon interchangeable dans toute la Recommandation.

## 6 Généralités

A l'origine, la commutation de paquets a été introduite afin d'assurer l'acheminement des données asynchrones.

Toutefois, pour les applications nouvelles telles que le transport du service TDM et la distribution de synchronisation dans les réseaux paquets, il faut examiner les exigences de synchronisation strictes de ces applications.

L'évolution permanente observée dans le domaine des télécommunications accentue la probabilité d'environnements hybrides paquet/circuit dans le cas des services vocaux et des services de données dans la bande vocale. Ces environnements associent les technologies par paquets (par exemple, ATM, IP, Ethernet) et les systèmes TDM traditionnels. Dans ces conditions, il est essentiel de maintenir un niveau de qualité acceptable (par exemple, un taux de glissement limité).

La synchronisation dans les réseaux TDM est bien connue et implémentée. Normalement, un fournisseur de services en mode circuit TDM entretient un réseau de distribution de rythme, assurant une synchronisation calée sur une horloge primaire de référence (c'est-à-dire conformité de l'horloge à la Rec. UIT-T G.811 [6]).

Les aspects de rythme et de synchronisation pris en compte dans la présente Recommandation se rapportent dans un premier temps aux réseaux Ethernet dont les couches de protocole sont définies dans la norme IEEE 802 (voir Domaine d'application, § 1).

L'architecture fonctionnelle des réseaux Ethernet est définie dans la Rec. UIT-T G.8010/Y.1306 [21].

Dans le contexte de la présente Recommandation, les couches supérieures (par exemple, la couche 7 dans le modèle OSI) se rapportent aux applications acheminées par les réseaux paquets. Les applications en temps réel comportent des exigences de rythme relativement strictes quant au temps de transmission et à ses variations. Certaines applications peuvent résoudre leurs problèmes de rythme dans les couches supérieures (par exemple, MPEG-2) tandis que d'autres s'appuient sur le rythme fourni par une ou plusieurs couches inférieures (par exemple la couche Physique).

La présente Recommandation s'emploie à décrire différentes méthodes d'observation des exigences en matière de synchronisation.

De plus, les exigences relatives aux interfaces et aux équipements qui font partie du réseau Ethernet sont présentées. On y trouvera par ailleurs des recommandations relatives au moment où différents types de méthodes de synchronisation doivent être appliquées.

Les paragraphes qui suivent récapitulent certaines considérations quant aux exigences de synchronisation applicables dans un réseau paquets.

La présente Recommandation traite essentiellement du service d'émulation de circuits dans le cadre des réseaux publics. Dans le cas de certaines applications pour réseaux privés impliquant une émulation de circuits, il peut suffire de distribuer par des nœuds CES IWF une horloge commune de qualité non PRC. Néanmoins, l'utilisation d'un rythme de synchronisation de qualité inférieure au niveau PRC risque de poser des problèmes d'interfonctionnement entre différents domaines de réseau, par exemple en cas d'interconnexion impliquant plusieurs fournisseurs de réseaux publics.

L'utilisation d'une horloge commune de qualité non PRC doit faire l'objet d'un complément d'étude.

## **6.1 Exigences de synchronisation des réseaux paquets**

Les nœuds associés à une technologie de transmission en mode paquet (par exemple, nœuds de réseau ATM) n'exigent aucune synchronisation pour mettre en place la fonction de commutation de paquets. De fait, à tout point d'entrée d'un commutateur de paquets, un dispositif individuel doit assurer une adaptation du rythme des paquets (par exemple, adaptation du rythme des cellules dans le cas d'un commutateur ATM) du signal entrant au rythme interne. Par exemple, dans le cas des réseaux ATM, le principe de prise en compte des différentes fréquences consiste à faire appel au bourrage par des cellules vides. Il est donc inutile, en principe, de synchroniser entre elles les liaisons de transmission.

Toutefois, puisque les réseaux paquets évoluent de façon à intégrer les applications TDM, c'est-à-dire pour transporter un flux CBR sur un réseau paquets et pour assurer l'interfonctionnement avec les réseaux RTPC, ils doivent fournir un rythme correct aux interfaces de trafic.

Autrement dit, les exigences concernant les fonctions de synchronisation dans les réseaux paquets, en particulier à leur limite, dépendent des services acheminés par le réseau. En ce qui concerne les services TDM, la fonction IWF peut exiger un fonctionnement synchrone au niveau du réseau afin d'offrir un niveau de performance acceptable.

## **6.2 Exigences de rythme TDM**

Le transport de signaux TDM sur des réseaux paquets nécessite que les signaux à la sortie du réseau paquets soient conformes aux exigences de rythme TDM, cette conformité est indispensable pour pouvoir assurer l'interfonctionnement avec les équipements TDM.

Ces exigences sont indépendantes du type d'informations (vocales ou données) acheminées par le signal TDM.

On appelle services d'émulation de circuit l'adaptation des signaux TDM au réseau paquets.

Les exigences de rythme applicables sont les suivantes: limites de gigue et de dérapage aux interfaces de trafic et/ou de synchronisation, précision de fréquence à long terme (susceptible d'influer sur le taux de glissement) et temps de transmission total (essentiel pour les services en temps réel, par exemple le service vocal).

### **6.2.1 Exigences de rythme PDH**

Les exigences de rythme PDH aux interfaces de trafic portent essentiellement sur la gigue, le dérapage et le taux de glissement.

A l'entrée d'un élément de réseau situé à la limite d'un réseau paquets, des exigences concernant la tolérance de gigue et de dérapage s'appliquent. A la sortie d'un élément de réseau situé à la sortie du réseau paquets, des exigences en matière de production de gigue et de dérapage sont applicables.

Ces valeurs sont spécifiées dans la Rec. UIT-T G.823 dans le cas d'un réseau fondé sur la hiérarchie à 2048 kbit/s et dans la Rec. UIT-T G.824 dans le cas d'un réseau fondé sur la hiérarchie à 1544 kbit/s.

De plus, la Rec. UIT-T G.822 spécifie les objectifs de taux de glissement applicables, par exemple lorsque l'horloge de l'équipement qui produit le signal TDM et celle utilisée dans l'équipement qui récupère le signal TDM à partir des paquets sont différentes et que le tampon de glissement est nécessaire dans l'application.

### **6.2.2 Exigences concernant les interfaces de synchronisation**

Dans le cas où les signaux PDH sont définis en tant qu'interfaces de synchronisation, les exigences de synchronisation sont plus strictes que pour les interfaces de trafic à 2048 et 1544 kbit/s. Les exigences d'interface de synchronisation pour les interfaces PDH sont également définies dans les Recommandations UIT-T G.823 [10] et G.824 [11].

### **6.2.3 Exigences de rythme SDH**

Tout signal STM-N doit être conforme à la Rec. UIT-T G.825 [12]. Les exigences en question concernent la tolérance de gigue et de dérapage applicable à l'entrée de l'élément de réseau situé à la limite d'un réseau paquets et qui reçoit les données STM-N, ainsi que le niveau de production de gigue et de dérapage applicable à la sortie de l'élément de réseau d'où provient le trafic STM-N à l'autre extrémité du réseau paquets.

Dans le cas des signaux STM-N, on ne distingue pas les interfaces de trafic et de synchronisation, étant donné que tous les signaux STM-N sont définis en tant qu'interfaces de synchronisation.

## **6.3 Conception du réseau de synchronisation dans les réseaux paquets**

Cette tâche répond essentiellement à la nécessité de prendre en compte les besoins de synchronisation d'une application ou de façon générale les besoins propres à certaines technologies

(par exemple, stations de base des réseaux GSM et WCDMA). Pour atteindre cet objectif, les opérateurs doivent donc distribuer un signal de rythme de référence de qualité appropriée aux éléments de réseau qui traitent l'application.

Une solution consiste à adopter une stratégie d'horloge PRC distribuée (par exemple, en faisant appel aux techniques GPS). Une autre solution repose sur une stratégie de commande-asservissement. Les principes de conception du réseau de synchronisation en pareille circonstance sont bien connus et documentés (voir par exemple la Rec. UIT-T G.803 [4]), lorsque le transport sous-jacent des paquets (par exemple, les trames Ethernet) utilise les techniques synchrones existantes (réseaux PDH ou SDH). En revanche, lorsque le transport sous-jacent repose sur des techniques non synchrones (par exemple, Ethernet), il faut envisager d'autres solutions. Celles-ci seront étudiées de façon plus détaillée au § 8 intitulé "Distribution du signal de rythme de référence dans les réseaux paquets".

#### **6.4 Exigences de rythme en périphérie/exigences de rythme dans les réseaux centraux**

Une performance différente peut être exigée suivant si le réseau paquets fait partie d'un réseau d'accès ou s'il constitue la couche sous-jacente du réseau central.

La distribution d'une référence de synchronisation dans une partie d'un réseau central peut s'avérer nécessaire afin d'observer des exigences strictes de gigue et de dérapage (voir Recommandations UIT-T G.823, G.824 pour les interfaces de synchronisation et Rec. UIT-T G.825).

En revanche, dans le réseau d'accès, il est possible d'assouplir les exigences afin de pouvoir distribuer un signal de référence de rythme dont les qualités sont suffisantes (par exemple, inférieures au niveau de la qualité PRC) pour prendre en charge les exigences de rythme du nœud d'extrémité (par exemple, une station de base ou un modem V90). Des informations plus détaillées figurent à l'Appendice IV.

### **7 Limites dans le réseau**

Les limites de gigue et de dérapage dans le réseau spécifiées actuellement dans les Recommandations UIT-T pertinentes (à savoir Recommandations UIT-T G.823 et UIT-T G.824) doivent être observées dans tous les scénarios relevant de la présente Recommandation.

Le présent paragraphe décrit trois configurations de mise en place d'un segment ou d'un îlot CES. Pour chacune de ces configurations, il définit les limites de gigue et de dérapage pour les interfaces de trafic TDM (à l'exclusion des signaux STM-N) acheminées sur le segment CES.

Les limites dans le réseau applicables aux interfaces de synchronisation (spécifiées au § 6/G.823 et au § 6/G.824) ainsi qu'aux signaux STM-N acheminés dans les réseaux paquets, doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

Il convient de signaler que dans certains cas, les signaux dont la qualité est conforme aux exigences du § 5/G.823 et du § 5/G.824 (interfaces de trafic), lorsqu'ils sont calés sur une horloge primaire de référence, peuvent servir de signaux de rythme de référence pour un équipement d'extrémité capable de les tolérer et de fonctionner correctement (le modèle utilisé pour la configuration de mise en place 2 est un exemple de ce scénario).

NOTE – Les limites dans le réseau définies dans le présent paragraphe sont valides dans des conditions normales (par exemple, en l'absence de défaillances ou d'opérations de maintenance). La spécification de la fraction de temps pendant laquelle ces limites sont applicables ne relève pas du domaine d'application de la présente Recommandation.

## 7.1 Modèle de réseau déterminant les limites dans le réseau

Pour le transport des signaux PDH, les modèles correspondant à la Figure A.1/G.823 et à la Figure A.1/G.824 constituent le point de départ à envisager lorsqu'il s'agit d'insérer un segment CES. Le bilan de dérapage attribué au segment CES ne doit représenter qu'une fraction de la totalité du bilan de dérapage spécifié dans les Recommandations UIT-T G.823 ou G.824, puisque le bilan total de dérapage doit être partagé avec le reste du réseau.

Suivant l'endroit où le segment CES est situé, les exigences de dérapage applicables sont différentes. Plusieurs modèles de mise en place de ces segments ont été définis. Les modèles en question sont présentés aux § 7.1.1, 7.1.2 et 7.1.3.

NOTE 1 – Les figures du présent paragraphe ne donnent pas de détails sur les modalités de récupération du rythme par la fonction d'interfonctionnement ni sur les modalités de distribution du rythme dans le réseau paquets. On trouvera davantage de détails aux § 8 et 9.

NOTE 2 – Ces modèles présentent un seul îlot CES, étant donné qu'il s'agit d'attribuer un bilan de dérapage uniquement au segment CES. Il peut y avoir plusieurs systèmes CES, dans la mesure où le dérapage accumulé reste conforme au bilan attribué au segment CES.

L'accumulation de dérapage dans les îlots multiples doit faire l'objet d'un complément d'étude.

### 7.1.1 Configuration de mise en place 1

Lorsque le segment CES est situé dans un îlot compris entre deux commutateurs du modèle de référence G.823, le bilan de dérapage est calculé sur la base du modèle représenté à la Figure 1 ci-dessous. Le modèle s'inspire de la Figure A.1/G.823 et de la Figure A.1/G.824, l'un des îlots SDH étant remplacé par le réseau CES.

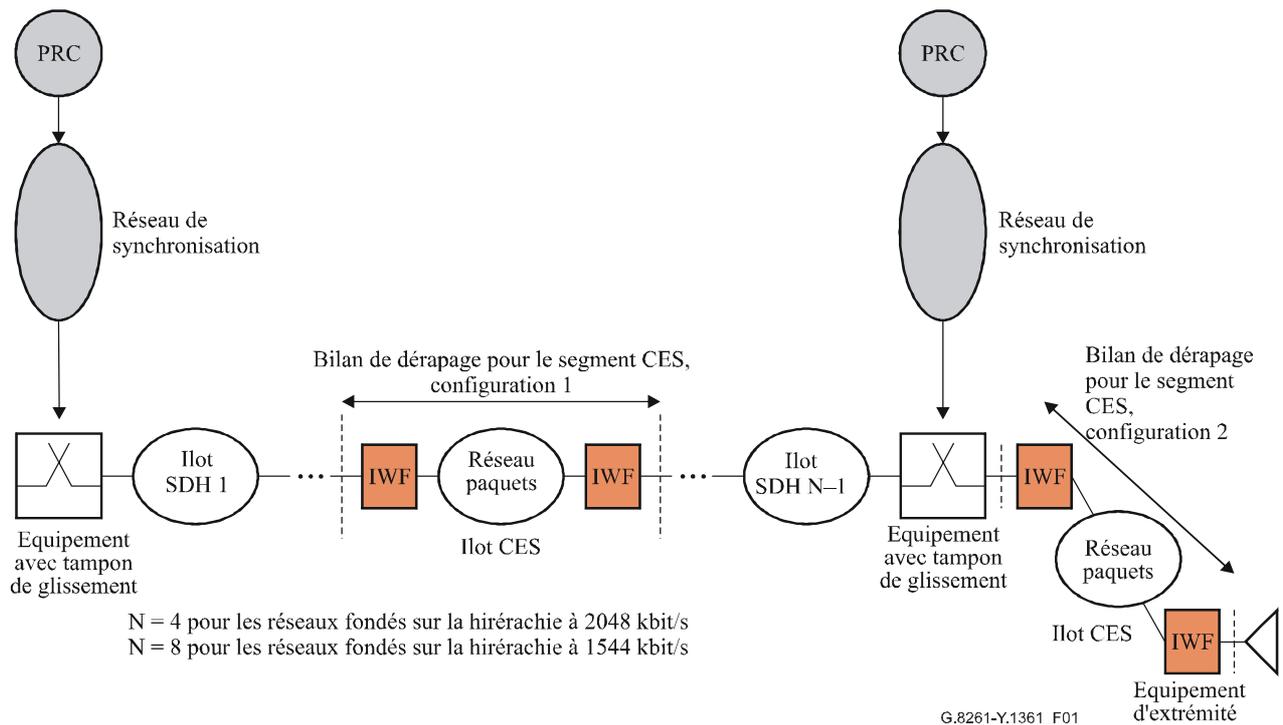


Figure 1/G.8261/Y.1361 – Modèles de réseau relatifs au trafic et à l'accumulation de dérapage d'horloge, configurations de mise en place 1 et 2

Le bilan de dérapage pour un signal à 2048 kbit/s est défini au Tableau 1.

**Tableau 1/G.8261/Y.1361 – Configuration de mise en place 1: limite de dérapage de sortie pour une interface à 2048 kbit/s**

Intervalle d'observation $\tau$ [s]	Exigence MRTIE [ $\mu$ s]
$0,05 < \tau \leq 0.2$	$10,75 \tau$
$0,2 < \tau \leq 32$	$9 * 0,24 = 2,15$
$32 < \tau \leq 64$	$0,067 \tau$
$64 < \tau \leq 1000$	$18 * 0,24 = 4,3$
NOTE – Pour la configuration asynchrone, l'intervalle d'observation maximal à prendre en considération est de 80 secondes. La spécification entre 80 s et 1000 s pour les interfaces asynchrones doit faire l'objet d'un complément d'étude.	

Les limites de gigue dans le réseau pour un débit de 2048 kbit/s doivent être conformes au § 5.1/G.823.

Le bilan de dérapage pour un signal à 1544 kbit/s est défini au Tableau 2.

**Tableau 2/G.8261/Y.1361 – Configuration de mise en place 1: limite de dérapage pour une interface à 1544 kbit/s**

Intervalle d'observation ( $\tau$ ) [s]	MTIE [ $\mu$ s]
$\tau \leq 0,1$	Aucune exigence (voir Note)
$0,1 < \tau \leq 0,47$	$4,5 \tau$
$0,47 < \tau \leq 900$	2,1
$900 < \tau \leq 1930$	$2,33 * 10e-3 \tau$
$1930 < \tau \leq 86\ 400$	4,5
NOTE – Cette région est couverte par les exigences de gigue.	

Les limites de gigue dans le réseau pour un débit de 1544 kbit/s doivent être conformes au § 5.1/G.824.

NOTE – Les limites dans le réseau pour les autres signaux PDH (c'est-à-dire les signaux à 34 368 kbit/s, 44 736 kbit/s et à 139 264 kbit/s) acheminés par les segments CES doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

## 7.1.2 Configuration de mise en place 2

### 7.1.2.1 Application A

Lorsque le segment CES est situé en dehors des éléments de réseau contenant les tampons de glissement (voir la Figure 1), l'effet de resynchronisation du commutateur doit être pris en compte. A la sortie de cet équipement, le rythme du signal de trafic sera conforme à la limite dans le réseau pour un signal de synchronisation, qui est plus stricte que pour un signal de trafic.

Dans ce cas, le bilan de gigue et de dérapage du segment CES correspond à la différence entre la limite dans le réseau pour un débit de 2048 kbit/s (voir Figure 1/G.823) et la limite dans le réseau pour une interface de synchronisation à 2048 kbit/s (voir Figure 10/G.823). Le Tableau 3 indique les valeurs limites.

**Tableau 3/G.8261/Y.1361 – Configuration 2A: limite de dérapage de sortie pour une interface à 2048 kbit/s**

Intervalle d'observation $\tau$ [s]	Exigence MRTIE [ $\mu$ s]
$0,05 < \tau \leq 0,2$	$40 \tau$
$0,2 < \tau \leq 32$	8
$32 < \tau \leq 64$	$0,25 \tau$
$64 < \tau \leq 1000$ (Note)	16
NOTE – Pour la configuration asynchrone, l'intervalle d'observation maximal à prendre en considération est de 80 secondes. La spécification entre 80 s et 1 000 s pour les interfaces asynchrones doit faire l'objet d'un complément d'étude.	

Dans le cas des interfaces à 1544 kbit/s, le bilan de gigue et de dérapage du segment CES correspond à la différence entre la limite dans le réseau pour un débit de 1544 kbit/s (voir Tableau 2/G.824) et la limite dans le réseau pour une interface de synchronisation à 1544 kbit/s (voir Figure 3/G.824). Les valeurs réelles doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

NOTE – Les limites dans le réseau pour les autres signaux PDH (c'est-à-dire les signaux à 34 368 kbit/s, à 44 736 kbit/s et à 139 264 kbit/s) acheminés par les segments CES doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

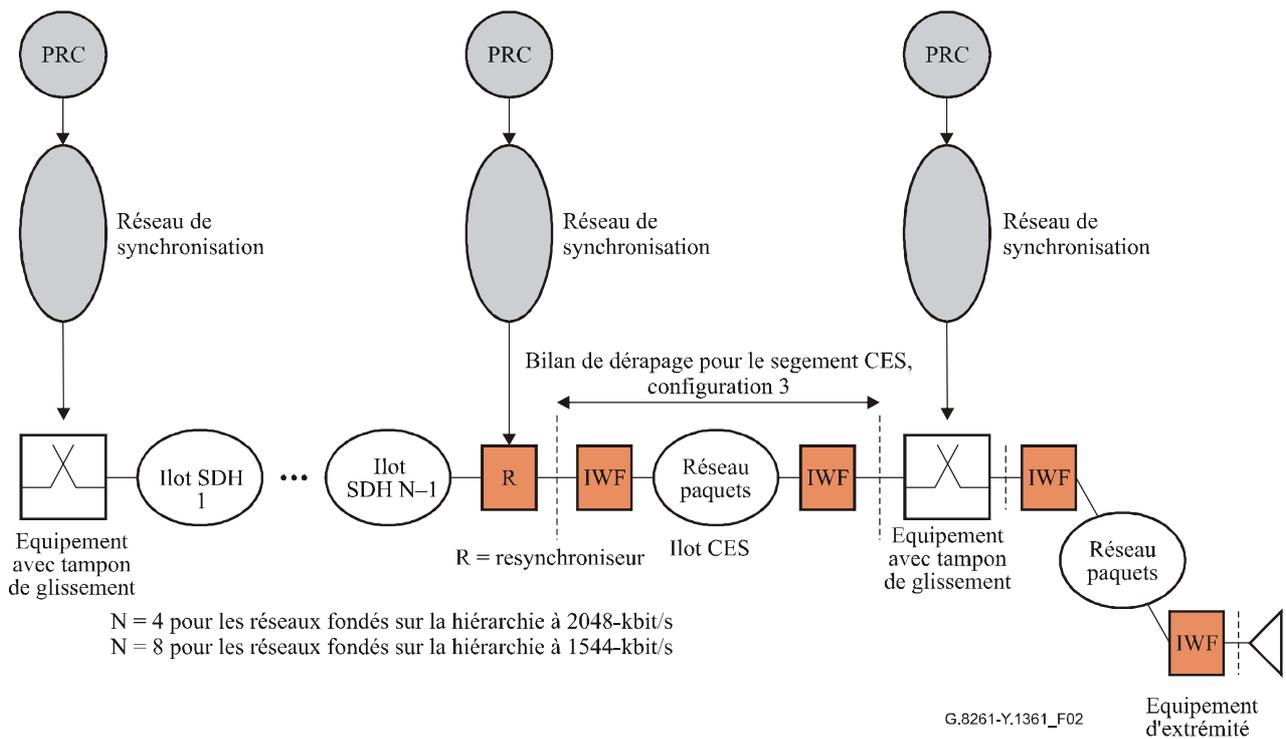
### 7.1.2.2 Application B

Dans ce cas, l'application récupère le rythme par le biais du signal TDM, de telle sorte qu'il n'y a pas de différence de gigue ou de dérapage entre l'horloge et les données autre que dans les limites de la largeur de bande de la récupération d'horloge, puisque les données et l'horloge sont extraites du même signal. Le bilan de dérapage du segment CES est limité uniquement par la qualité de rythme requise par l'application (exigences de la station de base, par exemple) et non pas la spécification G.823.

NOTE – Cette application vaut uniquement pour le cas d'un signal unique; en cas de réception de deux signaux, il peut y avoir une différence de gigue et de dérapage entre un signal et l'horloge extraite de l'autre signal.

### 7.1.3 Configuration de mise en place 3

Lorsqu'il y a resynchronisation à la sortie des îlots SDH, tel qu'indiqué à la Figure 2, l'amplitude du bruit à la sortie PDH est celle d'une interface de synchronisation. Cela permet d'augmenter le bilan de dérapage jusqu'à ce qu'il atteigne celui de l'application A de la configuration 2 dans certains cas. Il convient de noter que l'horloge de service n'est pas conservée de bout en bout dans ce cas.



**Figure 2/G.8261/Y.1361 – Configuration de mise en place 3**

## 8 Distribution du signal de rythme de référence dans les réseaux paquets

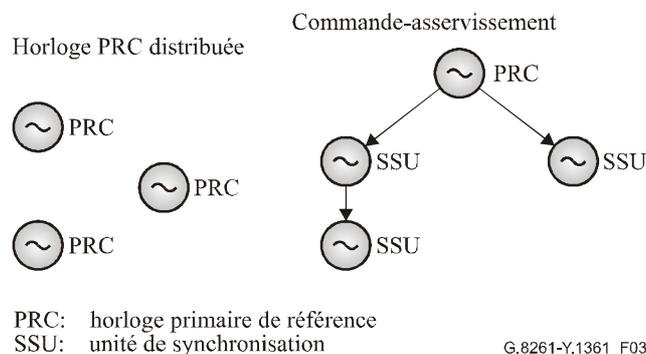
Pour répondre aux exigences de synchronisation applicables, il convient de pouvoir distribuer un signal de rythme de référence doté des caractéristiques appropriées de stabilité en phase et de précision en fréquence.

La présente Recommandation distingue deux grands types de méthodes:

- méthodes plésiochrones et synchrones au niveau du réseau;
- méthodes fondées sur les paquets.

### 8.1 Méthodes plésiochrones et synchrones au niveau du réseau

La première catégorie de méthodes concerne une méthode de type horloge PRC distribuée (par exemple fondée sur le GPS) ou une méthode de type commande-asservissement utilisant une couche Physique synchrone (par exemple STM-N), telles qu'indiquées à la Figure 3. Ces méthodes sont couramment implémentées afin de synchroniser les réseaux TDM.



**Figure 3/G.8261/Y.1361 – Méthodes de type horloge PRC distribuée et de type commande-asservissement**

Il a été convenu que, lorsque le calage G.811 est nécessaire, il serait utile de pouvoir distribuer le rythme via un réseau Ethernet synchrone ou via les moyens traditionnels.

Les réseaux Ethernet traditionnels fonctionnent librement ( $\pm 100$  ppm). Toutefois, la technologie Ethernet dispose de tous les éléments essentiels pour les rendre synchrones et autoriser l'introduction au niveau de la couche Physique d'une architecture de synchronisation commande-asservissement. La couche Physique Ethernet peut servir ensuite à organiser une distribution de signal de rythme de référence sur des réseaux paquets, depuis le niveau dorsal jusqu'au niveau d'accès. Cette méthode peut également servir à récupérer le rythme au niveau de la fonction IWF pour les services CBR acheminés sur des réseaux paquets. Elle pourrait également servir à la fourniture d'un signal de référence de rythme jusqu'à un équipement d'accès situé en périphérie, dans un réseau strictement Ethernet.

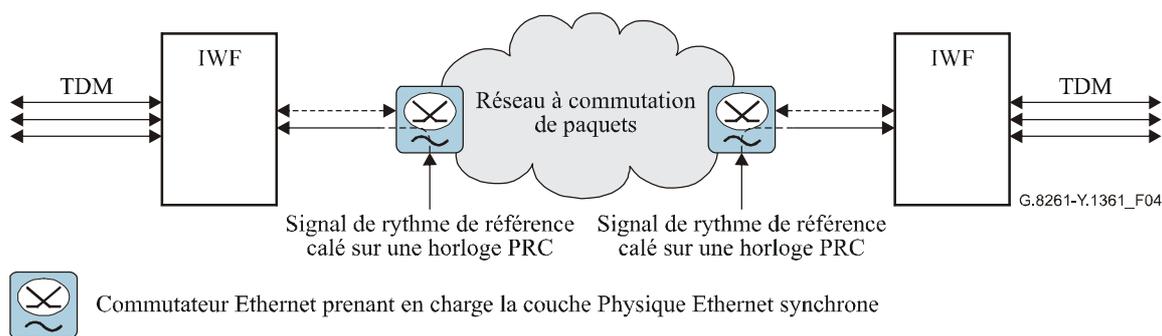
Il convient de signaler l'existence d'un certain nombre de problèmes techniques à résoudre avant de pouvoir largement utiliser cette méthode: calage à des fins de gestion de la qualité, spécifications de gigue et de dérapage aux interfaces, protection des réseaux, etc.

Le paragraphe 8.1.1 présente de façon détaillée une méthode de haut niveau de réalisation d'un réseau Ethernet synchrone.

## 8.1.1 Réseaux Ethernet synchrones

### 8.1.1.1 Architecture générale

La Figure 4 représente le schéma de principe général de fourniture d'une horloge de couche Physique depuis le commutateur Ethernet jusqu'à la fonction IWF.



Commutateur Ethernet prenant en charge la couche Physique Ethernet synchrone

NOTE – Les deux signaux de rythme de référence calés sur l'horloge PRC peuvent provenir de la même source.

**Figure 4/G.8261/Y.1361 – Rythme fourni à la fonction IWF Ethernet par la couche Physique Ethernet**

Un signal de rythme de référence calé sur une horloge PRC est injecté dans le commutateur Ethernet par un port d'horloge externe. Ce signal est extrait et traité par l'intermédiaire d'une fonction de synchronisation avant d'injecter le rythme dans le flux binaire Ethernet. La fonction de synchronisation assure le filtrage et peut exiger une fonction de maintien. Ces exigences doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

Il peut exister évidemment un certain nombre de commutateurs Ethernet entre l'élément au niveau duquel s'effectue l'injection du signal de rythme de référence et la fonction IWF. En pareilles circonstances, la fonction de synchronisation au sein du commutateur Ethernet doit pouvoir récupérer le rythme en ligne à partir du flux binaire entrant.

Dans le cadre de l'architecture, il faut distinguer l'horloge de réseau et l'horloge de service, décrites ci-après.

### 8.1.1.2 Horloge de réseau

L'horloge de réseau sert à discipliner la fonction de synchronisation à l'intérieur du commutateur Ethernet et donc le débit binaire à la sortie de ce dernier. Le signal d'horloge injecté dans la fonction de synchronisation sera synchrone, c'est-à-dire verrouillé sur l'horloge de réseau.

NOTE – Dans le cas de la fourniture d'une horloge de réseau, la production de gigue et de dérapage devra être limitée par le biais de cette horloge. La spécification de cette horloge (qui pourra spécifier notamment la précision d'horloge, la fonction de filtrage, la fonction de maintien et la production de bruit) doit faire l'objet d'un complément d'étude.

### 8.1.1.3 Horloge de service

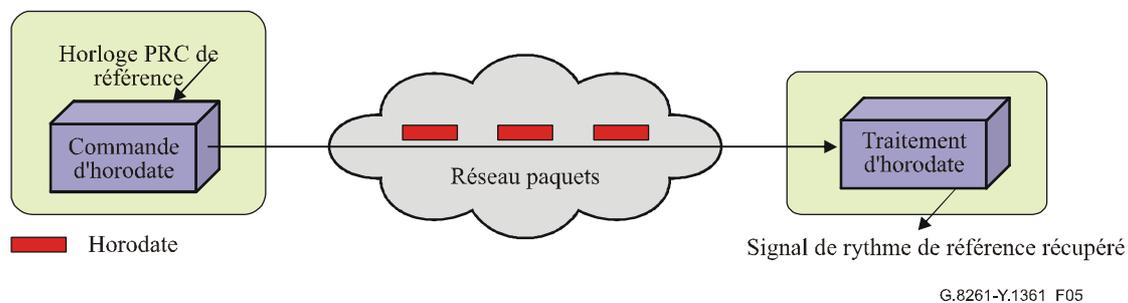
Dans la technique Ethernet existante, le service est effectivement asynchrone. En Ethernet synchrone, les services Ethernet existants resteront mappés par rapport à la couche Physique Ethernet, aux débits appropriés.

L'Annexe A décrit une architecture proposée.

## 8.2 Méthodes fondées sur les paquets

La deuxième catégorie de méthodes s'appuie sur les informations de rythme acheminées par les paquets (par exemple envoi de messages horodateurs dédiés comme indiqué à la Figure 5; des méthodes utilisant le transfert bidirectionnel d'informations de rythme sont également possibles, par exemple le protocole de temps réseau ou des protocoles analogues; il convient de signaler que les protocoles bidirectionnels peuvent également acheminer des informations temporelles). Dans certains cas il s'agit de la seule alternative à une solution de type horloge PRC distribuée.

Les méthodes fondées sur les paquets et les performances associées doivent faire l'objet d'un complément d'étude.



**Figure 5/G.8261/Y.1361 – Exemple de méthode fondée sur les paquets avec distribution d'un signal de rythme de référence au moyen d'horodates**

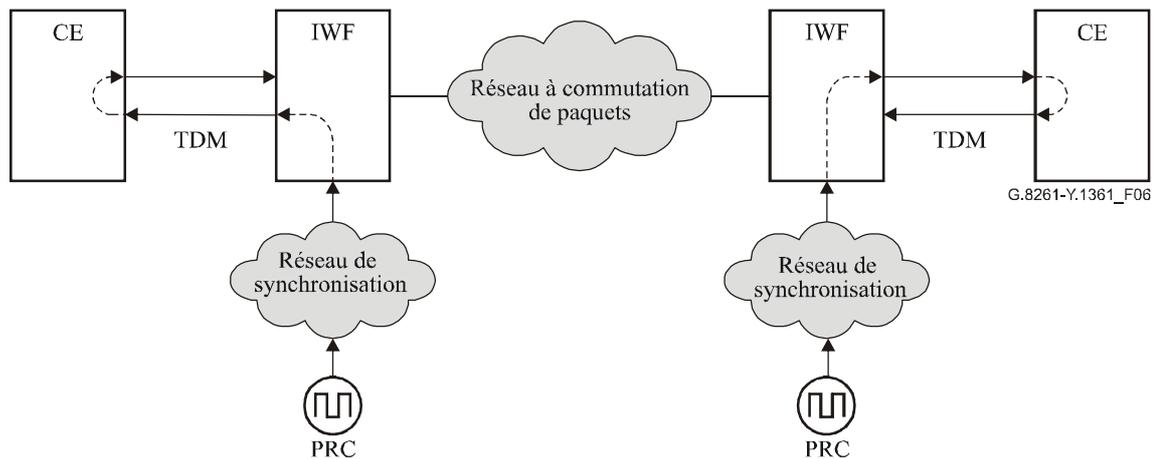
## 9 Récupération du rythme pour les services à débit binaire constant acheminés sur des réseaux paquets

Les services CBR (débit binaire constant) (par exemple signal TDM d'un service d'émulation de circuit) exigent que le rythme du signal soit analogue aux deux extrémités du réseau paquets et qu'il soit traité par la fonction IWF chargée de fournir le flux à débit binaire constant. La notion de préservation de l'horloge de service consiste à reproduire la fréquence d'horloge de service entrante, en tant que fréquence d'horloge de service sortante, en termes de moyenne à long terme. Elle n'implique pas la reproduction du dérapage du signal TDM entrant sur le signal TDM sortant.

Les paragraphes ci-dessous décrivent les modes opératoires identifiés dans le cadre de la présente Recommandation.

### 9.1 Fonctionnement synchrone au niveau du réseau

Cette méthode se rapporte au fonctionnement parfaitement synchrone au niveau du réseau grâce à l'utilisation comme horloge de service (voir Figure 6) d'une horloge de réseau calée sur une horloge PRC ou d'une horloge PRC locale (par exemple le GPS). Cela implique la disponibilité d'une horloge PRC de référence. Il convient de souligner que cette méthode ne préserve pas le rythme de service.



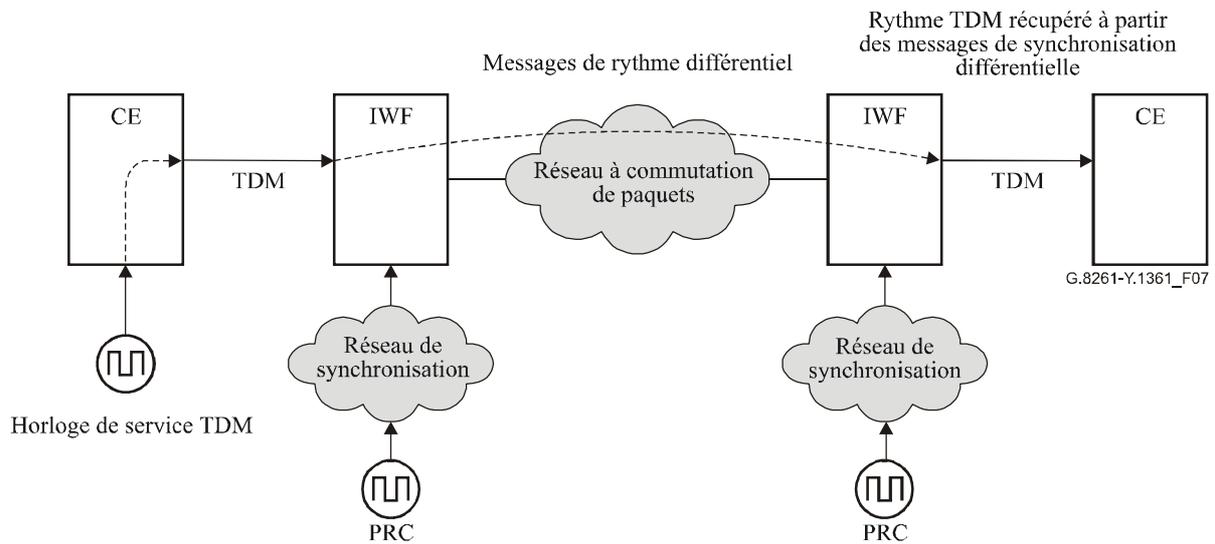
Les deux horloges PRC peuvent également provenir de la même source.

**Figure 6/G.8261/Y.1361 – Exemple de fonctionnement synchrone au niveau du réseau**

NOTE – Le signal de rythme de référence à l'entrée de la fonction IWF doit être conforme aux exigences des interfaces de synchronisation définies dans les Recommandations UIT-T G.823 et G.824.

### 9.2 Méthodes différentielles

Dans le cas des méthodes différentielles, la différence entre l'horloge de service et l'horloge de référence est codée puis transmise dans le réseau paquets (Figure 7). L'horloge de service est récupérée à l'extrémité distante du réseau paquets, au moyen d'une horloge de référence commune. La méthode de l'horodate résiduelle synchrone (SRTS, *synchronous residual time stamp*) [31] est un exemple de méthode de cette catégorie. Il convient de souligner que ces méthodes permettent de préserver le rythme de service.



Les deux horloges PRC peuvent également provenir de la même source.

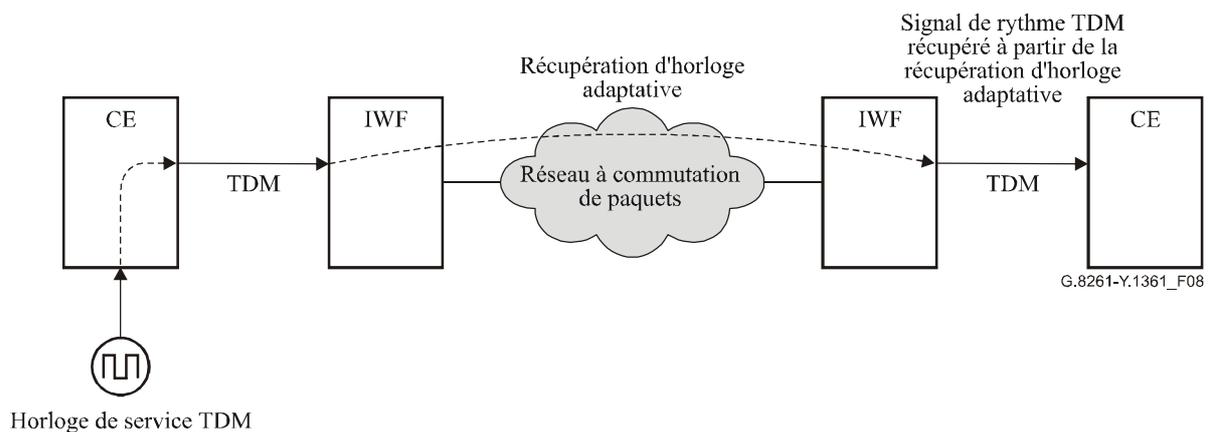
**Figure 7/G.8261/Y.1361 – Exemple de récupération du rythme fondée sur l'utilisation de méthodes différentielles**

NOTE 1 – Les méthodes différentielles peuvent fonctionner avec des horloges de référence IWF qui ne sont pas calées sur une horloge PRC. L'utilisation d'horloges non calées sur une horloge PRC dépend de l'application considérée et ne relève pas du domaine d'application de la présente Recommandation.

NOTE 2 – Le signal de rythme de référence à l'entrée de la fonction IWF doit être conforme aux exigences des interfaces de synchronisation définies dans les Recommandations UIT-T G.823 et G.824.

### 9.3 Méthodes adaptatives

Les méthodes adaptatives permettent de récupérer le rythme sur la base du temps qui sépare l'arrivée de deux paquets successifs ou sur la base du niveau de remplissage du tampon de gigue. Il convient de souligner que ces méthodes préservent le rythme de service (voir Figure 8).

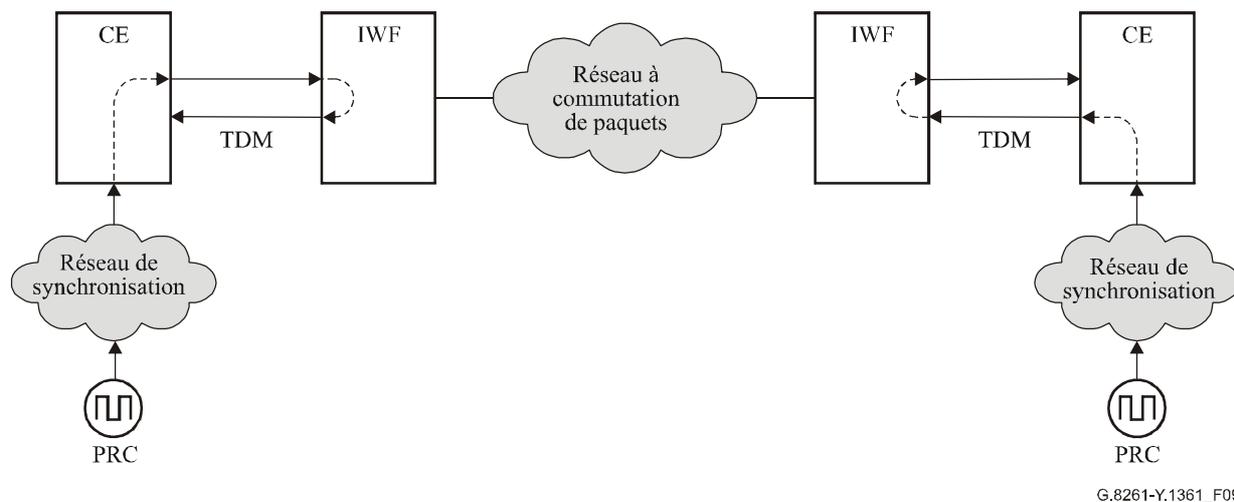


**Figure 8/G.8261/Y.1361 – Exemple de méthode adaptative**

### 9.4 Horloge de référence disponible au niveau des systèmes d'extrémité TDM

Lorsque l'horloge de référence est disponible au niveau des systèmes d'extrémité TDM, il s'agit d'un cas évident, puisque les deux systèmes d'extrémité ont directement accès à la référence de rythme et ajusteront le rythme du signal à la sortie de la fonction IWF. La récupération du rythme est donc inutile.

L'utilisation d'une synchronisation en boucle dans la fonction IWF à l'interface TDM est un exemple d'application de cette méthode (voir Figure 9). La connexion de domaines RTPC via un réseau paquets constitue un exemple possible de ce scénario.



**Figure 9/G.8261/Y.1361 – Exemple de signal de rythme de référence PRC disponible au niveau des systèmes d'extrémité TDM**

Il est à noter que la Figure 9 représente l'émetteur et le récepteur TDM calés sur une horloge de référence commune, par exemple une horloge PRC. Tel est le cas lorsque l'émetteur et le récepteur sont par exemple des commutateurs numériques nécessitant un contrôle des taux de glissement. Toutefois, dans certains cas, l'émetteur et le récepteur ne sont pas calés sur des horloges G.811 (par exemple multiplexeurs à 34 368 kbit/s ou à 44 736 kbit/s).

## 10 Incidence des altérations dans les réseaux paquets sur la distribution du rythme et sur la récupération de l'horloge de service

Le présent paragraphe examine les différentes altérations affectant le trafic et ses informations de rythme dans les réseaux paquets. Il faut préciser que dans les conditions d'exploitation, les exigences relatives aux circuits émulsés et aux horloges récupérées, spécifiées au § 7, doivent être vérifiées.

Pour l'essentiel, la gestion des tampons exige la synchronisation des réseaux de Couche 1. Les tampons de Couche 1 présents dans les réseaux PDH, SDH et OTN ainsi que les fonctions d'adaptation correspondantes sont des structures simples, dans lesquelles les débits nominaux à l'entrée et à la sortie sont maintenus dans des limites spécifiques, indiquées dans les normes correspondantes de réseautage propres à ces réseaux TDM. La gestion de ces tampons et la prise en compte des différents domaines de fourniture d'horloge font appel à des mécanismes tels que les octets de bourrage et les pointeurs, ainsi que les horloges de système. La conception du réseau limite la taille des tampons de façon à réduire au minimum la latence. Dans les réseaux de Couche 1, par exemple SDH, il y a un lien direct entre l'horloge de réseau et le niveau de dérapage ou de gigue susceptible d'être conféré à un signal client.

Dans le cas d'un transport utilisant des réseaux de données par paquets, les données sont acheminées par le réseau en bloc (paquets, trames) au lieu d'être acheminées sous la forme d'un flux continu à débit binaire constant. Les paquets peuvent faire l'objet d'un multiplexage statistique puis sont acheminés via des commutateurs de paquets, qui infligent à chacun d'eux un retard en raison des opérations de traitement, de mise en tampon et de transmission réalisées au niveau des commutateurs intermédiaires. Dans un commutateur donné, il se peut que plusieurs flux de paquets

doivent converger vers un tampon de sortie unique. Le conflit qui en résulte au niveau du tampon se traduit par un temps de transmission variable. Dans certains cas, des paquets seront abandonnés. L'horloge sur laquelle les liaisons de transmission de la Couche 1 sont calées a des chances d'être asynchrone par rapport à l'horloge du commutateur. Tout écart de débit de présentation des paquets à transmettre par rapport au débit de transmission réel est pris en compte par ajout de bits de bourrage entre les paquets ou par élimination de paquets.

Puisque les paquets peuvent suivre des itinéraires différents, on peut constater d'importantes variations du temps de transmission individuel dans un flux de paquets, depuis l'entrée jusqu'à la sortie. De plus, les paquets peuvent être déclassés, entraînant une mise en tampon supplémentaire. Les services qui utilisent le réseau paquets doivent prendre en considération ces altérations. Dans le cas des réseaux paquets, il faut des tampons importants pour pouvoir effectuer le traitement au niveau de chaque paquet, auquel cas la prise en charge de la plupart des services exige seulement des niveaux de synchronisation sommaires.

Contrairement à un réseau de Couche 1, par exemple un réseau SDH, il n'y a pas de relation directe entre l'horloge de réseau et les tampons de traitement des paquets. Par conséquent, le rythme du réseau ne peut servir à réguler la variation du temps de transmission des paquets dans ces réseaux. L'application à un commutateur de paquets de la synchronisation de réseau n'est généralement pas nécessaire sinon pour répondre aux exigences éventuelles de synchronisation aux interfaces du commutateur au niveau de la couche Physique, conformément aux exigences correspondantes aux interfaces TDM, prescrites par les normes associées de réseautage (par exemple SDH/PDH).

Des exigences de rythme des services acheminés au niveau de couches supérieures, au-dessus du réseau de Couche 2 par exemple IPTV, MPEG-4) sont formulées de façon à prendre en compte les variations des réseaux paquets existants. Tout rythme particulier à un service est codé au niveau de la couche service (par exemple H.264, MPEG-4).

Toutefois, dans certains cas, la couche Physique d'un réseau paquets est synchrone (par exemple, SDH) et peut être utilisée par la couche adaptation.

Dans la plupart des cas, les informations transmises par le réseau paquets, c'est-à-dire les informations caractéristiques (CI: voir Appendice III) ne contiennent pas d'informations de rythme. Il en résulte un certain nombre d'implications lorsque les services exigent le transfert d'un rythme précis. Dans le cas des services de bout en bout, les caractéristiques de rythme de la couche serveur doivent prendre en charge les exigences de synchronisation du client. Suivant les mécanismes classiques de la Couche 1 (PDH, SDH et OTN), les mécanismes d'adaptation au rythme du réseau sont spécifiquement conçus pour être compatibles avec les exigences de rythme du signal client. Lorsque la couche serveur n'est pas capable de prendre en charge le rythme du client, il faut parfois mettre en place d'autres moyens à cet effet. Cela s'effectue normalement au niveau de la couche d'adaptation au réseau. La couche ATM AAL 1 en constitue un exemple.

Les altérations rencontrées dans le réseau paquets peuvent avoir un effet préjudiciable sur la récupération de l'horloge de service, dans le cas des services à débit binaire constant émulsés sur un réseau paquets. Le présent paragraphe étudie les niveaux d'altération auxquels un processus de récupération de l'horloge doit pouvoir faire face tout en préservant la conformité de l'horloge aux spécifications appropriées.

Les paramètres de performance suivants concernant les altérations dans un réseau paquets sont définis dans les Recommandations UIT-T Y.1540 [25] (pour les réseaux IP) et UIT-T Y.1561 [27] (pour les réseaux MPLS). Des mesures de performance analogues concernant les réseaux Ethernet sont par ailleurs définies dans la Rec. UIT-T Y.1731 [28].

- 1) Temps de transfert des paquets et variation du temps de transfert.
- 2) Taux d'erreurs sur les paquets.

- 3) Taux de perte de paquets.
- 4) Résultats de bloc à forte perte de paquets.

## **10.1 Temps de transfert des paquets et variation du temps de transfert**

### **10.1.1 Méthodes différentielles**

Le temps de transfert et la variation du temps de transfert des paquets ne doivent pas avoir d'incidence sur la récupération d'horloge en cas de disponibilité d'une horloge de référence de réseau aux deux extrémités et d'utilisation de méthodes différentielles.

### **10.1.2 Méthodes adaptatives**

Une récupération adaptative de l'horloge de service à partir d'un flux de paquets contenant des données acheminées à débit binaire constant est réalisée en général par des calculs effectués en fonction du débit d'arrivée ou des instants d'arrivée des paquets au nœud de destination.

Si le temps de transfert via le réseau paquets est constant, la fréquence d'arrivée des paquets au nœud de destination n'est pas modifiée par le réseau. Il peut y avoir un décalage de phase dans l'horloge récupérée, imputable au temps de transfert via le réseau, mais il ne doit y avoir aucun dérapage de fréquence ou de phase.

Si le temps de transfert varie, un processus de récupération d'horloge peut le percevoir comme une modification de phase ou de fréquence de l'horloge de service d'origine. Aussi la conception d'un processus de récupération d'horloge doit-elle examiner attentivement les causes de variation du temps de transfert.

La variation du temps de transfert dans un réseau paquets peut avoir plusieurs causes, notamment:

- variation de temps de transfert aléatoire (par exemple, temps d'attente en file d'attente);
- variation de temps de transfert à faible fréquence (par exemple, les variations jour/nuit);
- variation de temps de transfert systématique (par exemple mécanismes d'enregistrement et de retransmission de la couche de transport sous-jacente);
- modifications du routage;
- effets d'encombrement.

#### **10.1.2.1 Variation de temps de transfert aléatoire**

La variation de temps de transfert aléatoire est la conséquence du comportement des commutateurs ou des routeurs du réseau paquets. La principale contribution en est le temps d'attente dans la file d'attente de sortie, observé lorsqu'un paquet arrive à un commutateur ou à un routeur alors que le port de sortie est bloqué par le reste du trafic, et que le paquet doit être mis en file d'attente. D'autres facteurs imputables au fonctionnement interne du commutateur ou du routeur risquent en outre de retarder le paquet, comme indiqué à l'Appendice I.

Il est impossible de prédire avec un degré de certitude quelconque le temps de transfert d'un paquet dans un commutateur ou un routeur, bien que selon toute vraisemblance le temps de transfert augmente en fonction de la charge du dispositif. Il y aura donc une certaine corrélation entre le temps de transfert de paquets successifs et la charge de trafic dans le réseau.

#### **10.1.2.2 Variation de temps de transfert à faible fréquence**

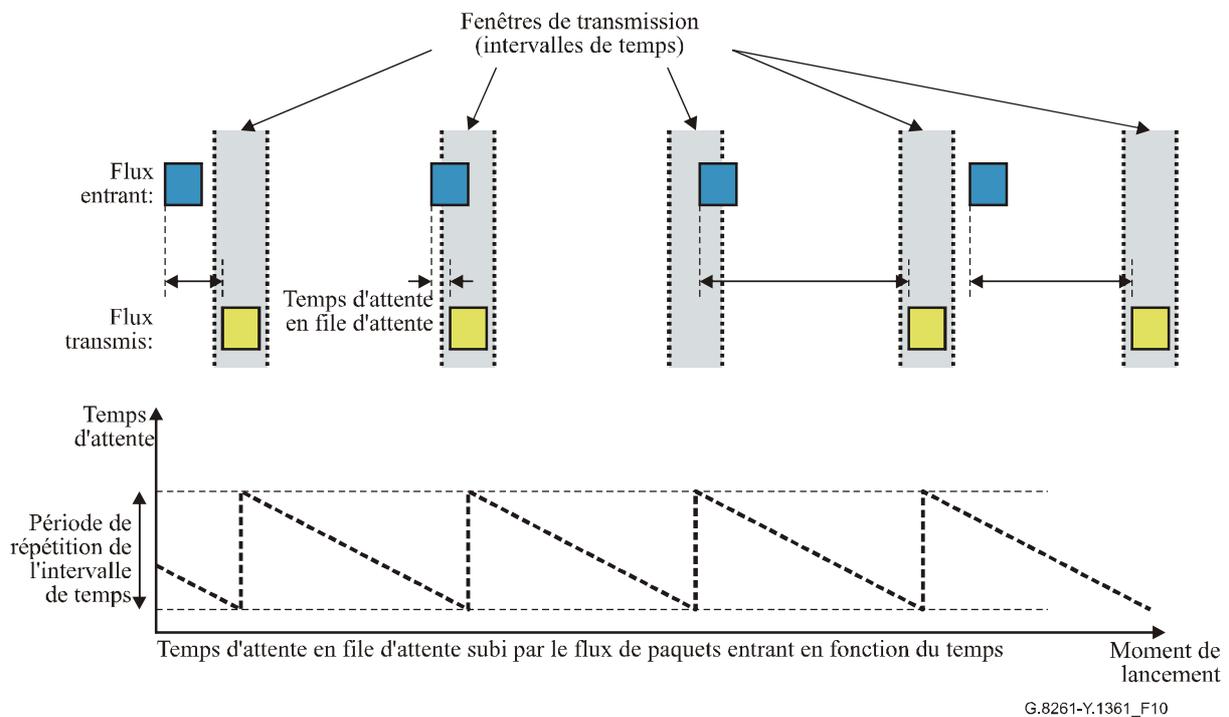
Comme indiqué ci-dessus, le temps de transfert dans un réseau paquets, certes imprévisible, est généralement en corrélation avec la charge du réseau au cours de la période de temps considérée. La charge est une grandeur dynamique, et peut contenir des composantes très basse fréquence. Par exemple, si un réseau est plus fortement chargé le jour que la nuit, il en résulte une composante de la variation de charge dont la période est de 24 heures.

Cette variation à très basse fréquence peut aboutir à un dérapage de phase dans une horloge récupérée à partir d'un flux de paquets au cours de la même période. Etant donné que bon nombre des spécifications d'horloge correspondantes limitent le dérapage de phase admissible sur une période de 24 heures ou plus (par exemple Rec. UIT-T G.824 [11]), la conception du processus de récupération d'horloge doit corriger ce phénomène.

### 10.1.2.3 Variation de temps de transfert systématique

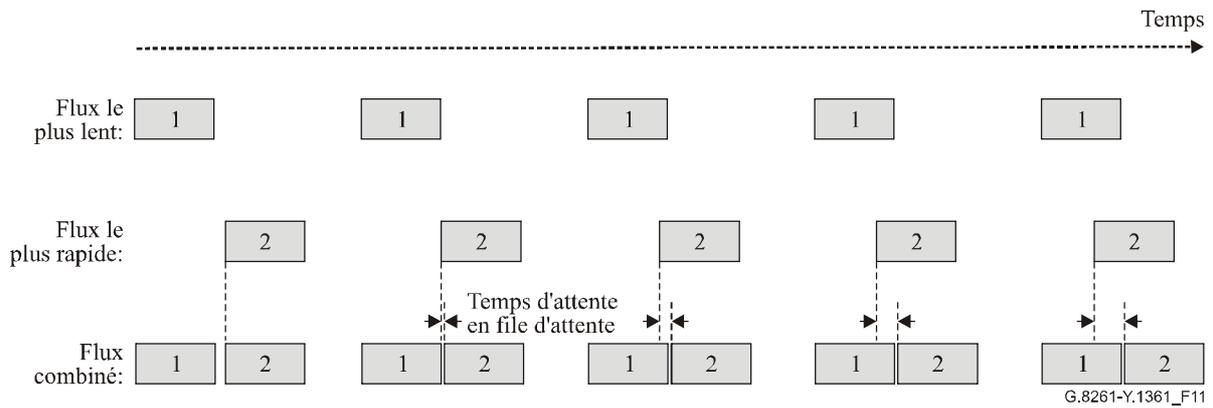
Certains types de réseaux de transport sous-jacents peuvent provoquer une variation systématique du temps de transfert des paquets dans le temps. Par exemple, certains types de transport utilisent une "fenêtre de transmission" ou "intervalle de temps" et entreposent les paquets à transmettre jusqu'à l'ouverture de ladite fenêtre. On peut citer par exemple les réseaux PON, xDSL et WiMAX.

La fenêtre de transmission a pour effet d'imposer un profil de temps de transfert en dents de scie systématique à un flux de paquets (voir Figure 10). En ce qui concerne les flux de paquets à débit régulier, par exemple ceux qui contiennent des données à débit binaire constant, la période de la fenêtre de transmission et le débit des paquets risquent d'entraîner un battement, et de provoquer une lente variation du temps de transfert dans le temps. Ces effets sont très voisins de la gigue du temps d'attente dans les réseaux TDM. Dans les réseaux TDM, il est possible de contrôler la gigue de temps d'attente, mais cela n'est pas le cas dans les réseaux paquets.



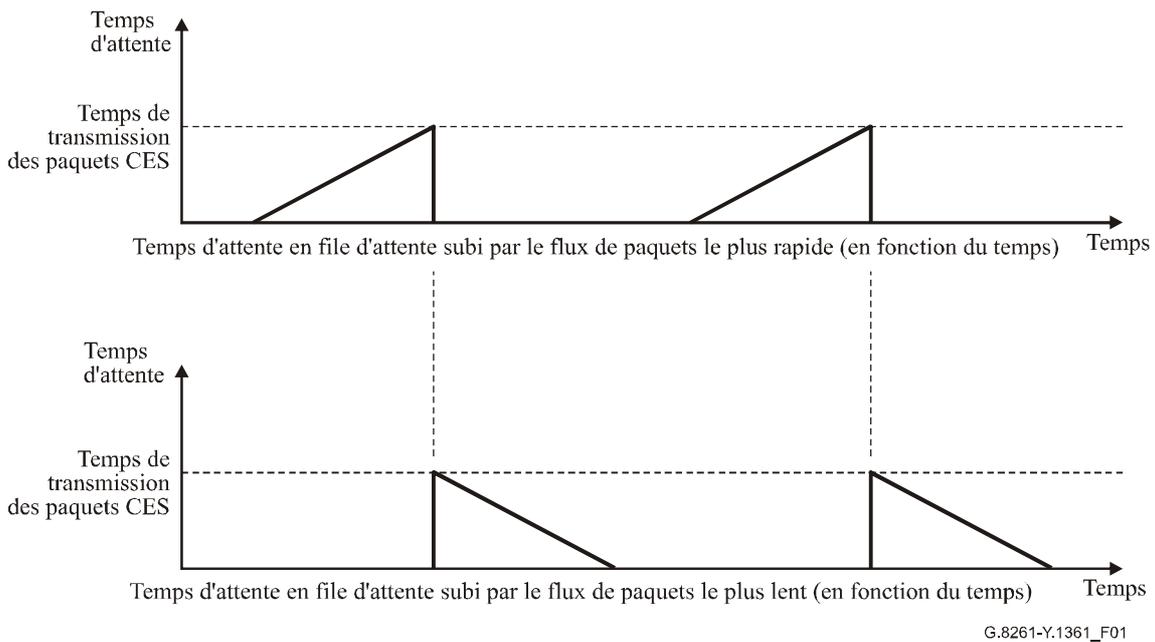
**Figure 10/G.8261/Y.1361 – Variation de temps de transfert systématique due à un réseau comportant des intervalles de temps**

Le battement avec d'autres flux de paquets réguliers constitue un autre type de variation de temps de transfert systématique que peuvent subir les flux de paquets à débit binaire constant. La Figure 11 présente le résultat de la combinaison de deux flux de paquets sensiblement à la même fréquence dans une même liaison par paquets, par un commutateur ou un routeur.



**Figure 11/G.8261/Y.1361 – Battement entre flux de paquets à débit régulier**

Le flux 1 est le flux le plus lent et, pendant un certain temps, les paquets du flux 1 parviennent au commutateur ou au routeur avant ceux du flux 2. Toutefois, les paquets du flux 2 commencent à rattraper le retard. Etant donné que la liaison par paquets ne peut présenter à sa sortie qu'un seul paquet à la fois, les paquets du flux 2 commencent à devoir attendre en file d'attente (voir Figure 12). La durée de cette attente augmente au point d'atteindre le temps de transmission du paquet sur la liaison.



**Figure 12/G.8261/Y.1361 – Profils du temps d'attente subi par des flux de paquets en battement**

Au bout d'un certain temps, les paquets du flux 2 commencent à arriver au commutateur ou au routeur avant ceux du flux 1, et n'ont alors plus à attendre en file d'attente. A ce stade, ce sont les paquets du flux 1 qui doivent maintenant attendre en file d'attente. La durée de cette attente diminue régulièrement jusqu'à ce que les paquets du flux 1 parviennent au commutateur après que les paquets du flux 2 ont été transmis.

La durée pendant laquelle les flux de paquets subissent une attente en file d'attente (c'est-à-dire la largeur des triangles représentée à la Figure 12) est inversement proportionnelle à la différence de débit entre les deux flux de paquets. Lorsque les débits de paquets sont très voisins, la durée peut

être extrêmement longue. Cette variation à long terme du temps de transfert risque de provoquer un lent dérapage de phase dans toute horloge récupérée à partir d'un des flux de paquets.

Lorsque plusieurs flux asynchrones à débit binaire constant partagent la même liaison par paquets, l'effet observé peut être additif. Dans le pire des cas, les paquets de chacun des flux risquent de s'aligner exactement et de maximiser le temps d'attente en file d'attente, bien que la fréquence de ce battement combiné diminue en fonction du nombre de flux.

#### **10.1.2.4 Modifications du routage**

La route suivie par un flux de paquets à travers un réseau paquets peut varier à certains moments. Cela peut être la conséquence d'erreurs de réseau (routage autour d'une liaison défaillante ou encombrée), d'une commutation de protection afin d'utiliser une route de substitution, ou d'une reconfiguration du réseau.

Il en résulte une variation échelon du temps de transmission dans le réseau. En l'absence de correction, celle-ci peut être perçue au niveau de l'horloge récupérée comme une variation de phase. Il faut déceler ces variations et en tenir compte dans le processus de récupération d'horloge. En règle générale, les fortes variations de temps de transmission sont relativement faciles à détecter et à corriger, tandis que les variations faibles risquent d'être dissimulées par la variation générale du temps de transmission ou par la dérive de l'oscillateur local au nœud de récupération d'horloge.

#### **10.1.2.5 Effets d'encombrement**

L'encombrement résulte de l'accroissement temporaire de la charge de trafic dans l'ensemble d'un réseau ou dans une partie seulement. Il risque d'entraîner la "surcharge" de l'ensemble du réseau ou d'une partie ainsi que des retards ou des pertes considérables de paquets. La durée des épisodes d'encombrement est variable, et peut atteindre plusieurs secondes ou plusieurs minutes. Si le réseau subit des épisodes fréquents d'encombrement grave d'une durée supérieure à 5 minutes, cela signifie que le réseau n'est vraisemblablement pas adapté à l'émulation de circuit.

### **10.2 Incidences des altérations concernant les paquets**

#### **10.2.1 Erreurs sur les paquets et pertes de paquets**

Les altérations observées dans les réseaux paquets ont des conséquences sur trois éléments distincts du trajet d'acheminement, le processus de récupération d'horloge IWF (il est à noter qu'il n'est peut-être pas possible de surveiller ce processus), la récupération d'horloge de service et le service TDM proprement dit. Les limites en matière de pertes de paquets et de déclassement des paquets et les conséquences correspondantes pour le service et pour le processus de récupération d'horloge doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

Les paragraphes ci-après présentent d'autres considérations à ce sujet.

Les pertes de paquets et le déclassement des paquets n'affectent pas de manière significative les performances de récupération d'horloge IWF pour aucune des méthodes examinées dans la présente Recommandation. En particulier, aux niveaux pour lesquels le service de transport TDM reste utilisable, les pertes de paquets (tant uniformes que par rafales) et le déclassement des paquets ont un effet négligeable sur les performances de récupération d'horloge IWF.

##### **10.2.1.1 Incidence sur le service TDM**

Les circuits TDM acheminés via des réseaux paquets peuvent être extrêmement vulnérables aux erreurs sur les bits causées par les pertes de paquets. Cela s'explique notamment par le fait que les erreurs sur les bits sont amplifiées du fait du transport par paquets – puisqu'une seule erreur sur les bits dans le paquet entraîne l'élimination de l'ensemble du paquet et la production d'une rafale d'erreurs consécutives sur les bits dans le flux TDM récupéré. Aussi, il suffit de niveaux modérés de pertes de paquets (du point de vue d'un réseau classique par paquets) pour entraîner l'indisponibilité d'un circuit TDM.

NOTE – La vulnérabilité des circuits TDM dépend normalement et principalement des caractéristiques spécifiques de la fonction IWF. Certaines fonctions IWF emploient parfois différentes techniques de dissimulation des pertes de paquets afin de protéger l'application contre ce phénomène.

### **10.2.1.2 Incidence sur le processus de récupération d'horloge de la fonction IWF**

La récupération d'horloge de la fonction IWF associe le paquet à l'algorithme de récupération d'horloge, l'horloge intégrée et la méthode de récupération du rythme utilisée (c'est-à-dire adaptative ou différentielle). Les performances du processus de récupération d'horloge de la fonction IWF sont le résultat conjoint des problèmes affectant le réseau paquets, de l'algorithme utilisé pour les surmonter, de l'horloge intégrée dans la fonction IWF et enfin de la méthode de récupération du rythme utilisée.

NOTE – Les limites en matière de pertes de paquets et de déclassement à des fins de préservation de la récupération d'horloge de la fonction IWF et d'horloge de service doivent être spécifiées afin de couvrir tous les scénarios possibles de pertes de paquets; ces limites doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

### **10.2.1.3 Incidence sur la récupération d'horloge de service**

En ce qui concerne le processus de récupération d'horloge de service, il est indispensable que la récupération d'horloge résiste à des niveaux de perte de paquets nettement plus élevés que le circuit TDM proprement dit, de façon à ce que l'horloge de service reste conforme aux spécifications au-delà du stade où les données sont dites non disponibles. La récupération d'horloge de la fonction IWF aura une incidence directe sur les performances en matière de récupération d'horloge de service.

### **10.2.2 Résultat de bloc à forte perte de paquets**

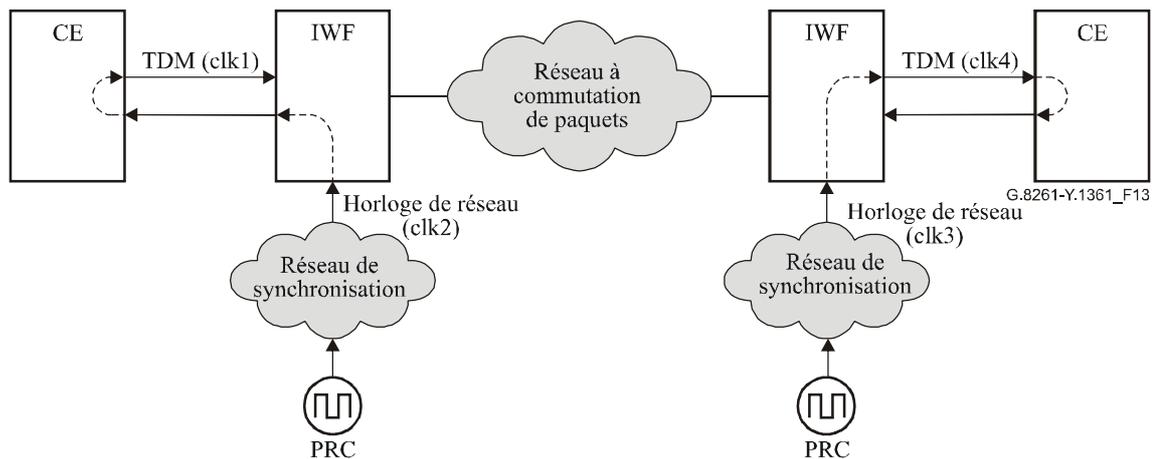
Au sens des Recommandations UIT-T Y.1540 [25] et Y.1561 [27], un bloc est qualifié de bloc à forte perte de paquets lorsque pour un bloc de paquets observé à l'interface d'entrée au cours d'un intervalle T, le rapport du nombre de paquets perdus au nombre total de paquets dépasse un certain seuil. On s'attend à des effets analogues dans les réseaux Ethernet.

Au cours de ces altérations, le mécanisme de récupération du rythme doit traiter le nombre total de pertes de paquets tel qu'indiqué au § 10.2.1. Ce thème doit faire l'objet d'un complément d'étude.

## **11 Incidence de l'altération de l'horloge de référence sur la distribution du rythme et sur la récupération d'horloge de service**

### **11.1 Altérations dans le cas des méthodes de fonctionnement synchrone au niveau du réseau**

La Figure 13 représente les horloges utilisées pour le transport de signaux TDM dans un réseau paquets.



Les deux horloges primaires de référence (PRC) peuvent également provenir de la même source.

**Figure 13/G.8261/Y.1361 – Horloges utilisées dans le transport des signaux TDM dans un réseau paquets, en cas de fonctionnement synchrone au niveau du réseau**

Les horloges dans la Figure 13 sont les suivantes:

- L'horloge qui produit le signal TDM (clk1).
- L'horloge de référence du réseau utilisée pour défaire les paquets dans la fonction IWF de gauche (clk2).
- L'horloge de référence du réseau utilisée pour défaire les paquets dans la fonction IWF de droite (clk3).
- L'horloge qui produit le signal TDM en aval du réseau paquets (clk4).

L'horloge clk1 doit être calée sur une horloge primaire de référence, ce qui peut être obtenu par une synchronisation en boucle tel qu'indiqué à la Figure 13 ou par un autre moyen. Sinon, l'utilisation d'une référence d'horloge de réseau dans le dépaquetiseur (c'est-à-dire clk3 sur la figure) posera des problèmes délicats.

Pour obtenir un rythme correct dans le signal de sortie TDM, l'horloge qui produit les signaux TDM (c'est-à-dire clk1) et l'horloge qui resynchronise ces signaux (c'est-à-dire clk4) doivent avoir la même fréquence à long terme (ou dans les limites PRC), faute de quoi on constatera un taux de glissement inacceptable (le bruit à court terme doit être maintenu dans les limites applicables).

En fonctionnement normal, l'horloge de référence de réseau au niveau de la source TDM (clk1) et l'horloge de référence de réseau au niveau du dépaquetiseur sont toutes les deux verrouillées sur un signal de rythme de référence calé sur une horloge primaire de référence. Toutefois, en présence de défaillances du réseau de synchronisation, ces horloges peuvent être verrouillées sur un signal de rythme de référence calé sur une horloge fonctionnant en mode maintien. Pendant ces défaillances, ces horloges devraient fonctionner suivant un mode maintien approprié, fondé sur les objectifs en termes de taux de glissement définis par la Rec. UIT-T G.822.

L'horloge qui assume cette fonction de maintien pendant les défaillances du réseau de synchronisation peut être soit intégrée à l'équipement proprement dit, soit disponible sur le site (par exemple, en étant intégrée à un élément du réseau de transmission ou à un équipement autonome de synchronisation (SASE, *stand alone synchronization equipment*)). Il incombe au planificateur du réseau de mettre en place la solution la plus indiquée.

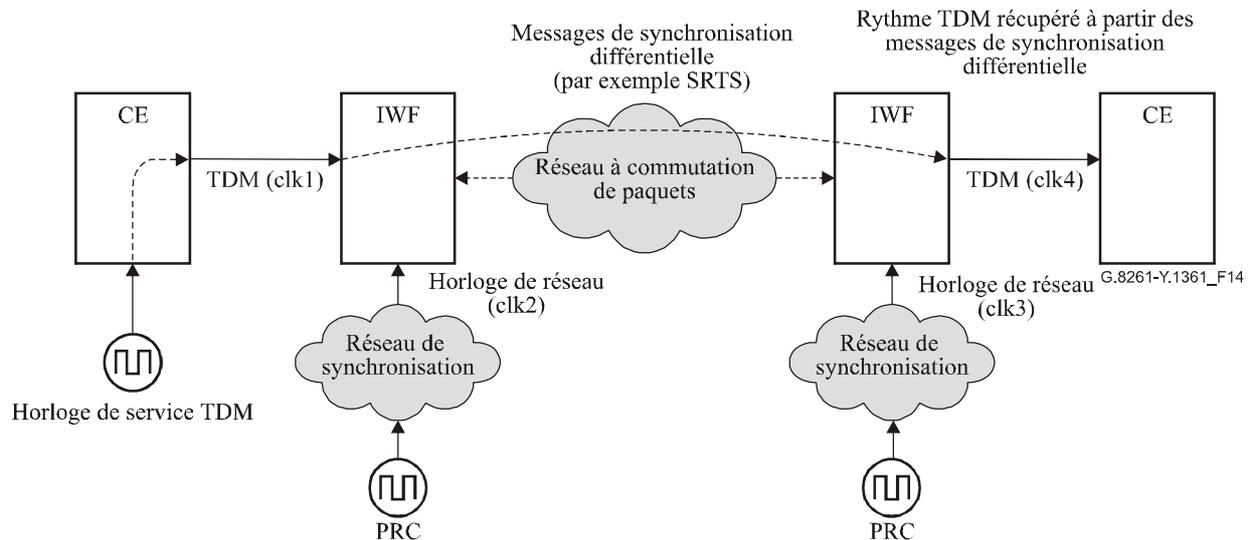
Pour résumer, le mode de fonctionnement synchrone au niveau du réseau exige soit l'introduction d'horloges précises dans la fonction IWF collectrice soit un système permettant de commuter sur

une autre horloge appropriée en cas de perte de synchronisation par rapport à l'horloge du réseau (PRC).

Afin de détecter les périodes de perte de synchronisation, il faut mettre en place un certain type de contrôle du calage (par exemple, SSM).

## 11.2 Altérations dans le cas de la méthode différentielle

La Figure 14 représente les horloges associées au transport des signaux TDM dans un réseau paquets.



Les deux horloges PRC peuvent également provenir de la même source.

**Figure 14/G.8261/Y.1361 – Horloges associées au transport des signaux TDM dans un réseau paquets dans le cas de la méthode différentielle**

Dans la Figure 14 les horloges sont les suivantes:

- l'horloge à l'origine du signal TDM, PDH ou SDH (clk1). Il peut s'agir d'une horloge plésiochrone, bien qu'on estime qu'à présent, la plupart des signaux sont synchrones;
- l'horloge de réseau servant à produire des messages de synchronisation différentielle (clk2);
- l'horloge de réseau (clk3) servant à reproduire l'horloge TDM (clk4) à partir des messages de synchronisation différentielle.

Tout bruit de phase sur ces horloges entraînera un bruit de phase sur le rythme du signal de sortie TDM.

Pour obtenir un rythme correct dans le signal de sortie TDM, l'horloge qui produit les signaux TDM (c'est-à-dire clk1) et l'horloge qui resynchronise ces signaux (c'est-à-dire clk4) doivent avoir la même fréquence à long terme (ou dans les limites PRC), faute de quoi on constatera un taux de glissement inacceptable (le bruit à court terme doit être maintenu dans les limites applicables).

En fonctionnement normal, l'horloge de réseau qui produit les messages de synchronisation différentielle et l'horloge de réseau qui reproduit l'horloge TDM (clk2 et clk3) sont verrouillées sur un signal de rythme de référence calé sur une horloge PRC. Toutefois, en présence de défaillances du réseau de synchronisation, ces horloges peuvent être verrouillées sur un signal de rythme de référence calé sur une horloge fonctionnant en mode maintien. Pendant ces défaillances, ces horloges devraient fonctionner suivant un mode maintien approprié, fondé sur les objectifs en termes de taux de glissement définis par la Rec. UIT-T G.822.

L'horloge qui assume cette fonction de maintien pendant les défaillances du réseau de synchronisation peut être soit intégrée à la fonction IWF proprement dite, soit disponible sur le site (par exemple, en étant intégrée à un élément du réseau de transmission ou à un équipement autonome de synchronisation (SASE, *stand alone synchronization equipment*)). Il incombe au planificateur du réseau de mettre en place la solution la plus indiquée.

Afin de détecter les périodes de perte de synchronisation, il faut mettre en place un certain type de contrôle du calage (par exemple, SSM).

## **12 Exigences liées à la synchronisation de la fonction IWF**

### **12.1 Interfaces de trafic**

Les exigences ci-dessous sont extraites des Recommandations existantes (par exemple, Recommandations UIT-T G.823, G.824, etc.).

NOTE – Les interfaces SDH sont mentionnées ci-après uniquement à des fins d'information, étant donné que le transport des signaux SDH sur les réseaux paquets doit faire l'objet d'un complément d'étude.

#### **12.1.1 Caractéristiques physiques, électriques et optiques**

Les caractéristiques physiques et électriques des interfaces E0 (64 kbit/s), E11 (1544 kbit/s), E12 (2048 kbit/s), de toutes les interfaces PDH, des interfaces à 51 840 kbit/s (STM-0) et ES1 (STM-1) doivent être conformes aux exigences de la Rec. UIT-T G.703.

Les caractéristiques physiques et optiques des interfaces STM-1, STM-4 et STM-16 doivent être conformes aux exigences de la Recommandation correspondante concernant l'interface physique, par exemple, Recommandations UIT-T G.957, G.691, G.959.1, etc.

#### **12.1.2 Tolérance de gigue et de dérapage**

Pour les réseaux fondés sur la hiérarchie à 2048 kbit/s, la tolérance de gigue et de dérapage d'entrée aux interfaces de trafic E0, E12, E22, E31, E4 doit être conforme aux exigences du § 7.1/G.823.

Pour les réseaux fondés sur la hiérarchie à 1544 kbit/s, la tolérance de gigue et de dérapage d'entrée aux interfaces de trafic E11, E21, à 32 064 kbit/s, E32, à 97 728 kbit/s doit être conforme aux exigences du § 7.2/G.824.

Pour les réseaux de type SDH, la tolérance de gigue d'entrée aux interfaces de trafic STM-1e, STM-1, STM-4, STM-16 doit être conforme aux exigences du § 6.1.2/G.825. La tolérance de gigue d'entrée au niveau de l'interface de trafic à 51 840 kbit/s doit être conforme aux exigences du § 16.3/G.703.

Pour les réseaux fondés de type SDH, la tolérance de dérapage d'entrée aux interfaces de trafic à 51 840 kbit/s, STM-1e, STM-1, STM-4, STM-16, d'après le § 6.1.1/G.825, doit être conforme aux exigences du § 9.1/G.812 ou § 8.1/G.813, selon le cas. Ces exigences sont définies pour les interfaces de synchronisation (respectivement SSU et SEC) puisqu'on considère les interfaces de trafic STM-N comme des interfaces de synchronisation.

Les méthodes de mesure sont définies dans les Recommandations UIT-T O.171 [17] et O.172 [18].

### **12.2 Interfaces de synchronisation**

Les exigences suivantes sont extraites de Recommandations existantes (par exemple, Rec. UIT-T G.703, etc.).

#### **12.2.1 Caractéristiques physiques et électriques**

Les caractéristiques physiques et électriques de l'interface de synchronisation T12 (2048 kHz) doivent être conformes aux exigences du § 13/G.703.

Les caractéristiques physiques et électriques de l'interface de synchronisation E12 (2048 kbit/s) doivent être conformes aux exigences du § 9/G.703.

Les caractéristiques physiques et électriques de l'interface de synchronisation E11 (1544 kbit/s) doivent être conformes aux exigences du § 5/G.703.

### **12.2.2 Tolérance de gigue et de dérapage**

La tolérance de gigue d'entrée au niveau des interfaces de synchronisation T12, E12, d'après le § 7.2/G.823), doit être conforme aux exigences du § 9.2/G.812 (Type I) relative aux interfaces SSU ou à celles du § 8.2/G.813 (Option 1) relative aux interfaces SEC, selon le cas.

La tolérance de gigue d'entrée au niveau de l'interface de synchronisation E11, d'après le § 7.3/G.824, doit être conforme aux exigences du § 9.2/G.812 (Types II et III) relative aux interfaces SSU ou à celles du § 8.2/G.813 (Option 2) relative aux interfaces SEC, selon le cas.

La tolérance de dérapage d'entrée au niveau des interfaces de synchronisation T12, E12, d'après le § 7.2/G.823, doit être conforme aux exigences du § 9.1/G.812 (Type I) relative aux interfaces SSU ou à celles du § 8.1/G.813 (Option 1) relative aux interfaces SEC, selon le cas.

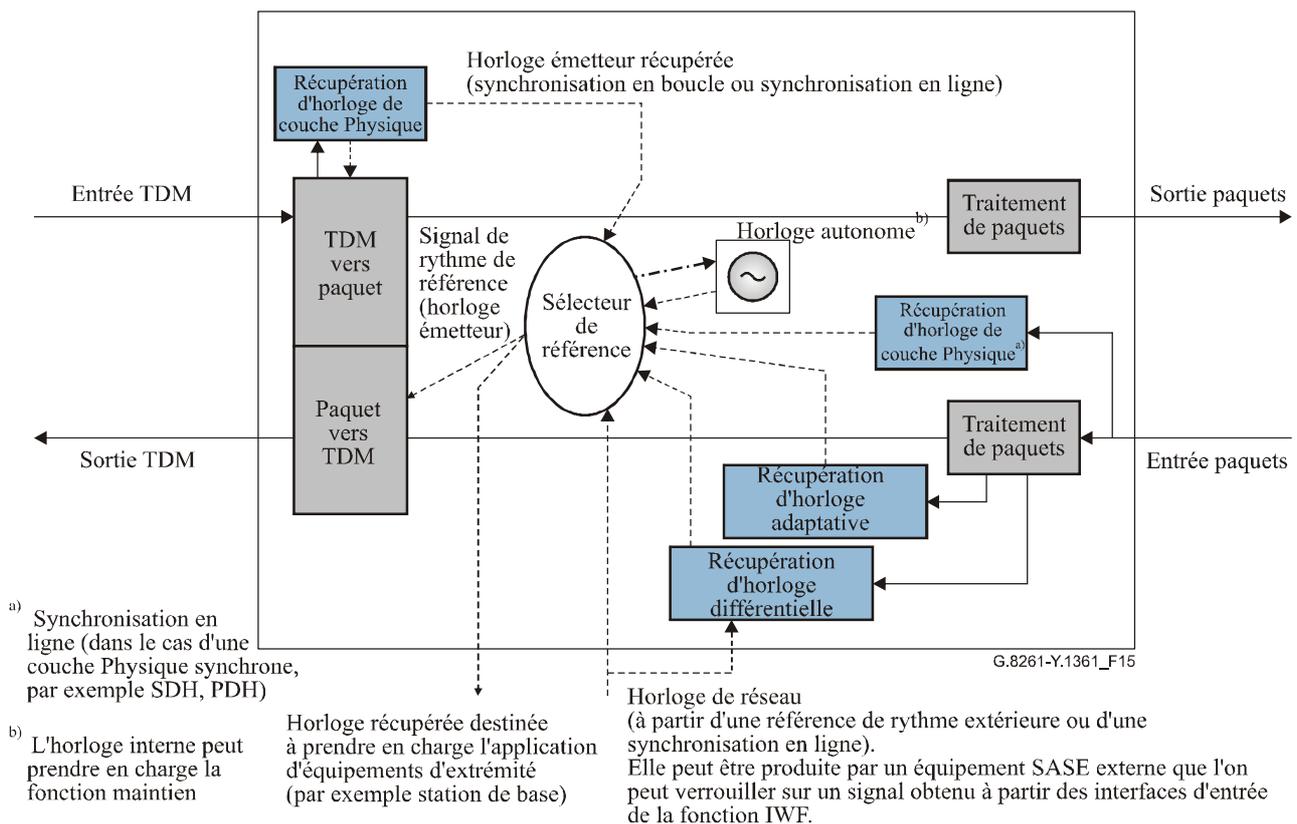
La tolérance de dérapage d'entrée au niveau de l'interface de synchronisation E11, d'après le § 7.3/G.824, doit être conforme aux exigences du § 9.1/G.812 (Types II et III) relative aux interfaces SSU ou à celles du § 8.1/G.813 (Option 2) relative aux interfaces SEC, selon le cas.

### **12.3 Fonction de synchronisation de la fonction IWF**

Dans le contexte de la présente Recommandation, la fonction IWF assure les adaptations nécessaires entre les flux TDM et les flux de paquets.

Si l'on se réfère à la Figure 15, les options de synchronisation susceptibles d'être prises en charge dans le cas de l'horloge de l'émetteur sont les suivantes:

- rythme provenant de l'horloge source récupérée acheminé par l'entrée TDM (synchronisation en boucle ou synchronisation en ligne);
- rythme provenant de l'horloge de réseau (l'horloge de réseau peut être obtenue soit à partir de la couche Physique des liaisons de trafic émanant du réseau paquets soit par le biais d'une interface de synchronisation physique externe, par exemple à 2048 kHz);
- rythme provenant d'une horloge autonome (devant assurer une précision conforme à l'interface de service TDM/CBR correspondante, par exemple l'interface à 2048 kbit/s doit être conforme aux exigences de la Rec. UIT-T G.703,  $\pm 50$  ppm);
- méthodes différentielles;
- synchronisation adaptative (y compris récupération d'horloge par horodates dédiées).



**Figure 15/G.8261/Y.1361 – Fonctions de synchronisation de la fonction IWF (sens paquet vers TDM)**

Selon les services à fournir, un sous-ensemble approprié des options de synchronisation recensées devrait être pris en charge.

Un contrôle de glissement dans la direction de l'émetteur TDM est recommandé afin de limiter les éventuelles surcharges/sous-charges du tampon. Les glissements doivent être effectués sur des trames de  $n \times 125$  microsecondes.

Lorsque les horloges de l'émetteur et/ou du récepteur TDM sont en mode maintien ou sont calées sur des horloges en mode maintien, et en cas d'utilisation d'une technique de récupération d'horloge synchrone (méthode différentielle ou fonctionnement synchrone au niveau du réseau), des glissements (très probablement incontrôlés) se produiront.

NOTE – Les spécifications d'horloge doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

Dans le sens TDM vers paquet, les exigences en matière de synchronisation dépendent essentiellement des exigences de synchronisation de la couche Physique ou des conditions de prise en charge de la méthode de synchronisation différentielle (la figure n'illustre pas de façon détaillée ces éléments).

Il faut signaler que la Figure 15 définit simplement un schéma de principe et n'est pas censée restreindre les modalités d'implémentation.

Lors du choix d'une nouvelle source de rythme, le dérapage de sortie peut momentanément dépasser la limite fixée. Toutefois, le dérapage de sortie doit rester en deçà de la limite à la fin d'une période appelée "période de stabilisation". Les exigences concernant la période de stabilisation doivent faire l'objet d'un complément d'étude; des informations plus détaillées figurent à l'Appendice II.

La latence est une autre caractéristique ayant trait à la fonction IWF. Les exigences de latence sont normalement définies au niveau du réseau en spécifiant la latence totale dans la connexion de bout

en bout. Les exigences quant à la contribution de la fonction IWF à la latence totale doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

Les caractéristiques de transfert de bruit peuvent être spécifiées sur le segment total CES, notamment la paire de fonctions IWF chargée d'adapter le flux TDM au réseau paquets. La spécification du transfert total de bruit d'un segment CES doit faire l'objet d'un complément d'étude.

### **13 Résultats et conséquences des différentes méthodes de synchronisation vis-à-vis des modèles de référence de réseau paquets**

Les recommandations quant à la méthodologie de distribution des références de synchronisation et de récupération du rythme d'un service TDM diffèrent selon les scénarios de réseau et les exigences de synchronisation relatives à l'application particulière considérée.

Les scénarios suivants ont été identifiés dans le domaine d'application de la présente Recommandation (la référence aux modèles de réseau figure au § 7).

#### **13.1 Recommandations concernant la configuration de mise en place 1**

##### **13.1.1 Recommandation concernant la récupération de rythme d'un service TDM**

Les limites dans le réseau pour les signaux PDH dans ce cas sont définies au § 7 concernant la configuration de mise en place 1.

La récupération du rythme de signaux PDH acheminés via un réseau paquets peut s'effectuer par les méthodes suivantes:

- fonctionnement synchrone au niveau du réseau lorsqu'un signal calé sur une horloge PRC est disponible au niveau des fonctions IWF et que la préservation de l'horloge de service n'est pas requise;
- méthodes différentielles lorsqu'un signal de référence calé sur une horloge PRC est disponible au niveau de la fonction IWF. Ces méthodes permettent de préserver l'horloge de service;
- méthodes adaptatives lorsque la variation du temps de transfert dans le réseau peut être régulée. Ces méthodes permettent de préserver l'horloge de service.

NOTE – Ces scénarios comportent des limites dans le réseau très contraignantes. Toutefois, on suppose que lorsque le réseau peut être modélisé suivant le modèle A (au moins les scénarios 2 et 3 tel qu'indiqué à l'Appendice V), les méthodes adaptatives permettent de respecter les limites dans le réseau définies au § 7.

La possibilité éventuelle d'utiliser la méthode adaptative dans un réseau qui peut être modélisé suivant le modèle B doit faire l'objet d'un complément d'étude (voir Appendice V).

Le transport des signaux SDH suivant ce scénario doit faire l'objet d'un complément d'étude. Il convient de noter que la récupération d'horloge pour les signaux SDH doit respecter le niveau de qualité relatif aux interfaces de synchronisation, conformément à la Rec. UIT-T G.823 pour les réseaux fondés sur la hiérarchie à 2048 kbit/s et à la Rec. UIT-T G.824 pour les réseaux fondés sur la hiérarchie à 1544 kbit/s. Le recours aux méthodes décrites au § 8.1 permet de garantir le respect de ces exigences.

##### **13.1.2 Recommandation concernant la distribution d'un signal de rythme de référence**

Le modèle associé à la configuration de mise en place 1 ne permet pas de modéliser la distribution des signaux de rythme de référence conformément au § 6/G.823 et au § 6/G.824 (par exemple au moyen des méthodes décrites au § 8.2). Il convient de signaler que les méthodes décrites au § 8.1 peuvent être utilisées pour la distribution d'un signal de rythme de référence jusqu'à la fonction IWF d'extrémité, de façon à respecter les exigences de l'interface de synchronisation.

Les signaux de rythme de référence de qualité inférieure ne sont normalement pas applicables à ces scénarios (par exemple réseau dorsal).

## **13.2 Recommandations concernant la configuration de mise en place 3**

### **13.2.1 Recommandation concernant la récupération de rythme d'un service TDM**

Les limites dans le réseau pour les signaux PDH dans ce cas sont définies au § 7 concernant la configuration de mise en place 3.

La récupération du rythme des signaux PDH acheminés via un réseau paquets peut s'effectuer par les méthodes suivantes:

- fonctionnement synchrone au niveau du réseau lorsqu'un signal calé sur une horloge PRC est disponible au niveau des fonctions IWF et que la préservation de l'horloge de service n'est pas requise;
- méthodes différentielles lorsqu'un signal de référence calé sur une horloge PRC est disponible au niveau de la fonction IWF. Ces méthodes permettent de préserver l'horloge de service;
- méthodes adaptatives lorsque la variation du temps de transfert dans le réseau peut être régulée. Ces méthodes permettent de préserver l'horloge de service.

NOTE – Dans ces scénarios, les limites dans le réseau sont moins strictes que dans les scénarios du § 13.1. On suppose que, lorsque le réseau peut être modélisé par le modèle A, les méthodes adaptatives permettent de respecter les limites dans le réseau définies au § 7.

La possibilité éventuelle d'utiliser la méthode adaptative dans un réseau qui peut être modélisé par le modèle B doit faire l'objet d'un complément d'étude.

Le transport des signaux SDH suivant ce scénario doit faire l'objet d'un complément d'étude. Il convient de signaler que la récupération d'horloge pour les signaux SDH doit respecter le niveau de qualité relatif aux interfaces de synchronisation, conformément à la Rec. UIT-T G.823 pour les réseaux fondés sur la hiérarchie à 2048 kbit/s et à la Rec. UIT-T G.824 pour les réseaux fondés sur la hiérarchie à 1544 kbit/s. Le recours aux méthodes décrites au § 8.1 permet de garantir le respect de ces exigences.

### **13.2.2 Recommandation concernant la distribution d'un signal de rythme de référence**

Le modèle associé à la configuration de mise en place 3 ne permet pas de modéliser la distribution des signaux de rythme de référence conformément au § 6/G.823 et au § 6/G.824 (par exemple au moyen des méthodes décrites au § 8.2). Il convient de signaler que les méthodes décrites au § 8.1 peuvent être utilisées pour la distribution d'un signal de rythme de référence jusqu'à la fonction IWF d'extrémité, de façon à respecter les exigences de l'interface de synchronisation.

Les signaux de rythme de référence de qualité inférieure ne sont normalement pas applicables à ces scénarios (par exemple réseau dorsal).

## **13.3 Recommandations concernant l'application A de la configuration de mise en place 2**

### **13.3.1 Recommandation concernant la récupération de rythme d'un service TDM**

Les limites dans le réseau pour les signaux PDH dans ce cas sont définies au § 7 concernant l'application A de la configuration de mise en place 2.

La récupération du rythme des signaux PDH acheminés via un réseau paquets peut s'effectuer par les méthodes suivantes:

- fonctionnement synchrone au niveau du réseau lorsqu'un signal calé sur une horloge PRC est disponible au niveau des fonctions IWF et que la préservation de l'horloge de service n'est pas requise;

- méthodes différentielles lorsqu'un signal de référence calé sur une horloge PRC est disponible au niveau de la fonction IWF. Ces méthodes permettent de préserver l'horloge de service;
- méthodes adaptatives lorsque la variation du temps de transfert dans le réseau peut être régulée. Ces méthodes permettent de préserver l'horloge de service.

NOTE – Dans ces scénarios, les limites dans le réseau sont moins strictes que dans les scénarios du § 13.1. On suppose que, lorsque le réseau peut être modélisé par le modèle A, les méthodes adaptatives permettent de respecter les limites dans le réseau définies au § 7.

La possibilité éventuelle d'utiliser la méthode adaptative dans un réseau qui peut être modélisé par le modèle B doit faire l'objet d'un complément d'étude.

Le transport des signaux SDH suivant ce scénario doit faire l'objet d'un complément d'étude. Il convient de signaler que la récupération d'horloge pour les signaux SDH doit respecter le niveau de qualité relatif aux interfaces de synchronisation, conformément à la Rec. UIT-T G.823 pour les réseaux fondés sur la hiérarchie à 2048 kbit/s et à la Rec. UIT-T G.824 pour les réseaux fondés sur la hiérarchie à 1544 kbit/s. Le recours aux méthodes décrites au § 8.1 permet de garantir le respect de ces exigences.

### **13.3.2 Recommandation concernant la distribution d'un signal de rythme de référence**

Le modèle associé à la configuration de mise en place 2 ne permet pas de modéliser la distribution des signaux de rythme de référence conformément au § 6/G.823 et au § 6/G.824 (par exemple au moyen des méthodes décrites au § 8.2). Il convient de signaler que les méthodes décrites au § 8.1 peuvent être utilisées pour la distribution d'un signal de rythme de référence jusqu'à la fonction IWF d'extrémité, de façon à respecter les exigences de l'interface de synchronisation.

Il convient de noter que, pour la synchronisation de l'équipement d'extrémité, il n'est normalement pas nécessaire d'utiliser un signal de rythme de référence conforme aux interfaces de synchronisation décrites dans les Recommandations UIT-T G.823 et G.824 et que des signaux de rythme de référence de qualité inférieure peuvent être envisagés dans l'application A de la configuration de mise en place 2.

Dans ce cas, la distribution du rythme dans un réseau paquets peut s'effectuer par les méthodes suivantes:

- fonctionnement synchrone au niveau du réseau lorsqu'un signal calé sur une horloge PRC est disponible au niveau des fonctions IWF (au moyen des méthodes décrites au § 8.1);
- méthodes fondées sur les paquets (méthodes du § 8.2) lorsque la variation du temps de transfert dans le réseau peut être régulée. Si la qualité requise doit être conforme aux limites aux interfaces de trafic définies dans les Recommandations UIT-T G.823 et G.824, on suppose que, lorsque le réseau peut être modélisé par le modèle A, ces méthodes permettent de respecter ces limites.

La possibilité éventuelle d'utiliser les méthodes fondées sur les paquets dans un réseau qui peut être modélisé par le modèle B doit faire l'objet d'un complément d'étude.

## **13.4 Recommandations concernant l'application B de la configuration de mise en place n° 2**

### **13.4.1 Recommandation concernant la récupération de rythme d'un service TDM**

Les limites dans le réseau pour les signaux PDH dans ce cas sont définies au § 7 concernant l'application B de la configuration de mise en place 2.

La récupération du rythme des signaux PDH acheminés via un réseau paquets peut s'effectuer par les méthodes suivantes:

- fonctionnement synchrone au niveau du réseau lorsqu'un signal calé sur une horloge PRC est disponible au niveau des fonctions IWF et que la préservation de l'horloge de service n'est pas requise;
- méthodes différentielles lorsqu'un signal de référence calé sur une horloge PRC est disponible au niveau de la fonction IWF. Ces méthodes permettent de préserver l'horloge de service;
- méthodes adaptatives lorsque la variation du temps de transfert dans le réseau peut être régulée. Ces méthodes permettent de préserver l'horloge de service.

NOTE – Dans ces scénarios, les limites dans le réseau dépendent des caractéristiques de l'équipement d'extrémité, qui normalement est capable de tolérer les limites aux interfaces de trafic définies dans les Recommandations UIT-T G.823 et G.824. On suppose que, lorsque le réseau peut être modélisé par le modèle A, les méthodes adaptatives permettent de respecter les limites définies dans l'une ou l'autre de ces Recommandations, selon le cas.

La possibilité éventuelle d'utiliser les méthodes adaptatives dans un réseau qui peut être modélisé par le modèle B doit faire l'objet d'un complément d'étude.

Le transport des signaux SDH suivant ce scénario doit faire l'objet d'un complément d'étude. Il convient de signaler que la récupération d'horloge pour les signaux SDH doit respecter le niveau de qualité relatif aux interfaces de synchronisation, conformément à la Rec. UIT-T G.823 pour les réseaux fondés sur la hiérarchie à 2048 kbit/s et à la Rec. UIT-T G.824 pour les réseaux fondés sur la hiérarchie à 1544 kbit/s. Le recours aux méthodes décrites au § 8.1 permet de garantir le respect de ces exigences.

#### **13.4.2 Recommandation concernant la distribution d'un signal de rythme de référence**

Le modèle associé à la configuration de mise en place 2 ne permet pas de modéliser la distribution des signaux de rythme de référence conformément au § 6/G.823 et au § 6/G.824 (par exemple au moyen des méthodes décrites au § 8.2). Il convient de signaler que les méthodes décrites au § 8.1 peuvent être utilisées pour la distribution d'un signal de rythme de référence jusqu'à la fonction IWF d'extrémité, de façon à respecter les exigences de l'interface de synchronisation.

Il convient de noter que, pour la synchronisation de l'équipement d'extrémité, il n'est normalement pas nécessaire d'utiliser un signal de rythme de référence conforme aux interfaces de synchronisation décrites dans les Recommandations UIT-T G.823 et G.824 et que des signaux de rythme de référence de qualité inférieure peuvent être envisagés dans l'application B de la configuration de mise en place 2.

Dans ce cas, la distribution du rythme dans un réseau paquets peut s'effectuer par les méthodes suivantes:

- fonctionnement synchrone au niveau du réseau lorsqu'un signal calé sur une horloge PRC est disponible au niveau des fonctions IWF (au moyen des méthodes décrites au § 8.1);
- méthodes fondées sur les paquets (méthodes du § 8.2) lorsque la variation du temps de transfert dans le réseau peut être régulée.

Si la qualité requise doit être conforme aux limites aux interfaces de trafic définies dans les Recommandations UIT-T G.823 et G.824, on suppose que, lorsque le réseau peut être modélisé par le modèle A, ces méthodes permettent de respecter ces limites.

La possibilité éventuelle d'utiliser les méthodes fondées sur les paquets dans un réseau qui peut être modélisé par le modèle B doit faire l'objet d'un complément d'étude.

## Annexe A

### Architecture de réseau proposée pour la couche Physique Ethernet synchrone

#### A.1 Emplacement des horloges PRC

Dans une architecture Ethernet synchrone type, il existe trois emplacements possibles des horloges PRC, suivant l'architecture globale que l'opérateur de réseau souhaite adopter. On définit alors trois emplacements génériques. Voir la Figure A.1:

- Cas A, emplacement dans le réseau central – Les horloges PRC se trouvent dans le réseau central (emplacement "A"). Dans ce cas, les nœuds PRC sont peu nombreux. Les horloges PRC sont centralisées, une certaine distribution étant assurée vers les fonctions IWF;
- Cas B, emplacement dans le réseau d'accès – Les horloges PRC se trouvent un peu moins loin dans le réseau (elles sont géographiquement distinctes de la fonction IWF), généralement au niveau des points d'accès multiservices (emplacement "B"). Dans ce cas, le nombre de nœuds PRC est plus grand que ce qui est requis dans le cas A. Les horloges PRC sont centralisées, une certaine distribution étant assurée vers les fonctions IWF;
- Cas C, emplacement dans les fonctions IWF – Les horloges PRC se trouvent géographiquement au même endroit que les fonctions IWF et il y a une connexion de synchronisation directe avec ces fonctions (emplacement "C"). Dans ce cas, les nœuds PRC sont nombreux, à savoir une horloge PRC par fonction IWF.

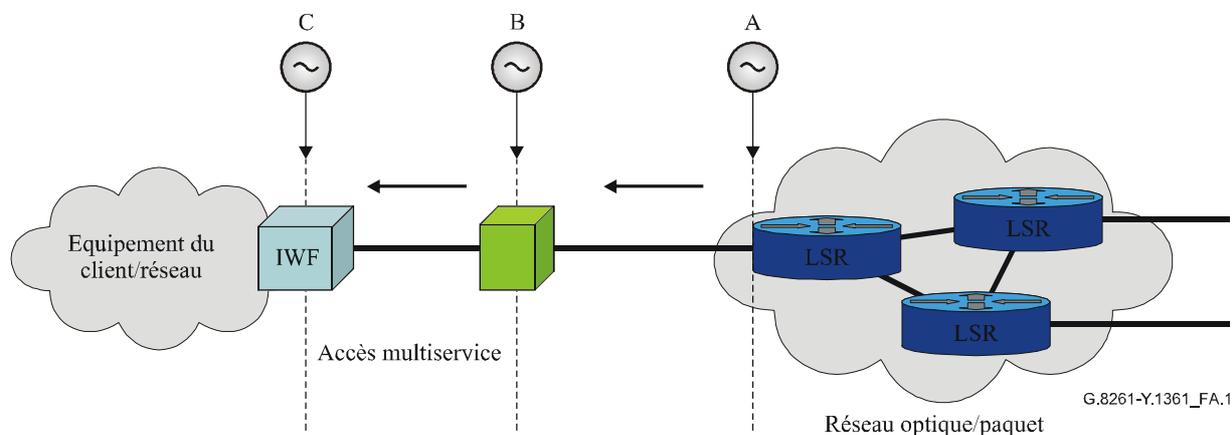


Figure A.1/G.8261/Y.1361 – Emplacement des horloges de référence

D'après la Figure A.1, le flux de synchronisation va du réseau central vers la fonction IWF. Il n'est pas prévu de distribuer le rythme de l'équipement du client vers le réseau central.

## **A.2 Messages d'état de synchronisation**

Les messages d'état de synchronisation (SSM, *synchronisation status messaging*) offrent aux commutateurs Ethernet aval un mécanisme permettant de remonter à l'horloge PRC ou à l'horloge de qualité la meilleure qui est disponible sur laquelle repose le système de distribution de la synchronisation. La fonction de synchronisation traite les messages SSM.

En cas de défaillance du réseau en amont, la fonction de synchronisation prend la mesure qui s'impose sur la base des messages SSM et des priorités préétablies et choisit une autre source de synchronisation. Il peut s'agir d'une autre source dans le réseau ou d'une source extérieure.

On trouvera davantage de détails à l'Appendice VIII.

## **A.3 Limitation de la gigue et du dérapage pour une solution Ethernet synchrone**

Pour pouvoir respecter les limites dans le réseau, il est nécessaire de limiter la production de gigue et de dérapage pour une solution Ethernet synchrone dans un environnement de réseau étendu.

La fonction de synchronisation présente dans le commutateur Ethernet synchrone doit être fondée sur les caractéristiques de fonctionnement d'une horloge intégrée. Un fonctionnement satisfaisant du réseau sera garanti lorsqu'une telle horloge sera synchronisée à partir d'une autre horloge Ethernet synchrone analogue ou à partir d'une horloge de qualité supérieure. Dans un souci de cohérence avec les réseaux de synchronisation existants, l'horloge intégrée peut être fondée sur l'horloge SEC définie dans la Rec. UIT-T G.813. Toutefois, la spécification précise de cette horloge doit faire l'objet d'un complément d'étude. Normalement, l'utilisation d'une telle horloge de réseau permet de garantir un interfonctionnement correct sur le plan de la synchronisation lorsque cette solution Ethernet synchrone est combinée avec l'unité SSU ou l'équipement SASE définis dans la Rec. UIT-T G.812 ainsi que, par conséquent, avec une horloge PRC définie dans la Rec. UIT-T G.811, comme spécifié dans les modes de fonctionnement avec synchronisation de type commande-asservissement. Elle permet aussi d'assurer un interfonctionnement entre les réseaux TDM existants et les nouvelles architectures de réseau paquets.

Il convient par ailleurs de signaler que cette description n'a aucune incidence sur les spécifications IEEE 802.3 existantes concernant la tolérance de fréquence, etc., mais qu'elle se rapporte à la nouvelle fonctionnalité d'horloge d'élément de réseau.

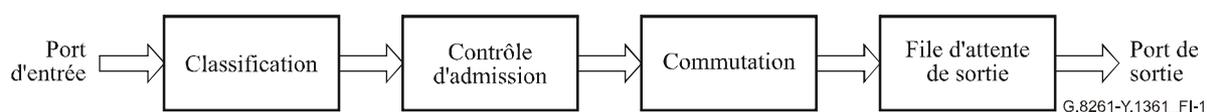
## Appendice I

### Caractéristiques des commutateurs et des réseaux Ethernet

#### I.1 Caractéristiques de temps de traitement des commutateurs Ethernet

##### I.1.1 Opérations fonctionnelles dans un commutateur Ethernet

Sans entrer dans les détails, une trame Ethernet qui passe dans un commutateur Ethernet type fait l'objet de quatre opérations fonctionnelles, représentées sur la Figure I.1:



**Figure I.1/G.8261/Y.1361 – Fonctions types dans un commutateur Ethernet**

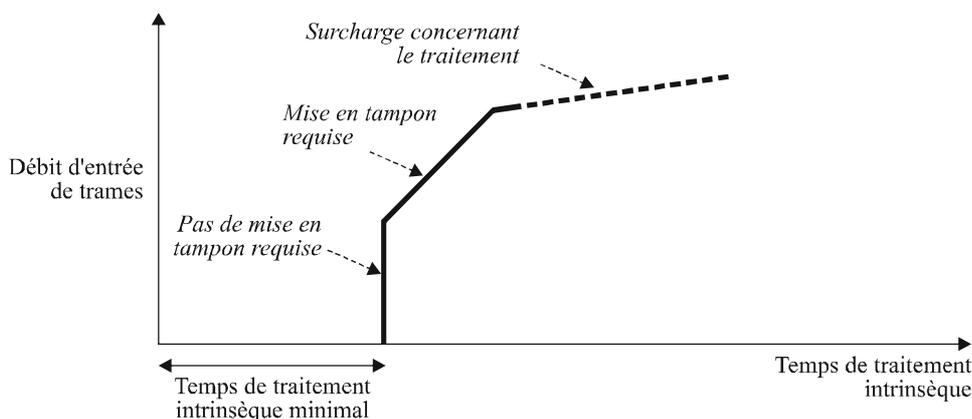
- Classification – Identification du flux auquel la trame appartient et détermination du port de sortie et de la priorité.
- Contrôle d'admission – Application de la gestion du trafic relative au flux (régulation, mise en forme, marquage).
- Commutation – Transmission au port de sortie approprié.
- File d'attente de sortie – Attente d'un créneau de transmission au niveau du port de sortie. Des politiques de mise en file d'attente telles que la priorité stricte, la mise en file d'attente équitable pondérée ou le circuit cyclique sont généralement appliquées.

Les paragraphes qui suivent examinent les propriétés de temps de traitement des diverses fonctions d'un commutateur.

##### I.1.2 Temps de traitement dans l'étage d'entrée

Le temps nécessaire pour la classification et le contrôle d'admission devrait être approximativement constant dans la plupart des cas. Toutefois, suivant la conception du commutateur et sa charge de trafic, le temps mis pour réaliser ces fonctions peut varier. Par exemple, dans certains commutateurs, la classification et le contrôle d'admission peuvent être effectués par un logiciel présent dans un processeur de réseau. A pleine charge, il se peut que le logiciel ne puisse pas suivre le rythme du nombre de trames à traiter, d'où un risque d'augmentation du temps de traitement et d'abandon de certaines trames. Il peut en être de même de certaines conceptions fondées sur des éléments matériels.

La Figure I.2 représente de façon simpliste la variation du temps de traitement dans l'étage d'entrée en fonction de la charge du commutateur. Lorsque la charge de trafic est faible, le commutateur peut s'occuper de toutes les trames qu'il reçoit sans engendrer de temps de traitement additionnel. A mesure que le débit des trames augmente, tandis que la capacité globale de traitement du commutateur n'est pas dépassée, le débit de trames instantané risque de dépasser le débit de traitement disponible. Il en résulte une mise en tampon de trames dans l'attente de leur traitement et un certain temps de traitement additionnel. Enfin, à un certain stade, le débit moyen d'entrée de trames peut dépasser la capacité de traitement, entraînant une augmentation du temps de traitement et, dans certains cas, l'abandon de trames par manque de capacité de mise en tampon.



G.8261-Y.1361\_FI-2

**Figure I.2/G.8261/Y.1361 – Variation du temps de traitement dans l'étage d'entrée en fonction de la charge**

### I.1.3 Temps de traitement dans l'étage de commutation

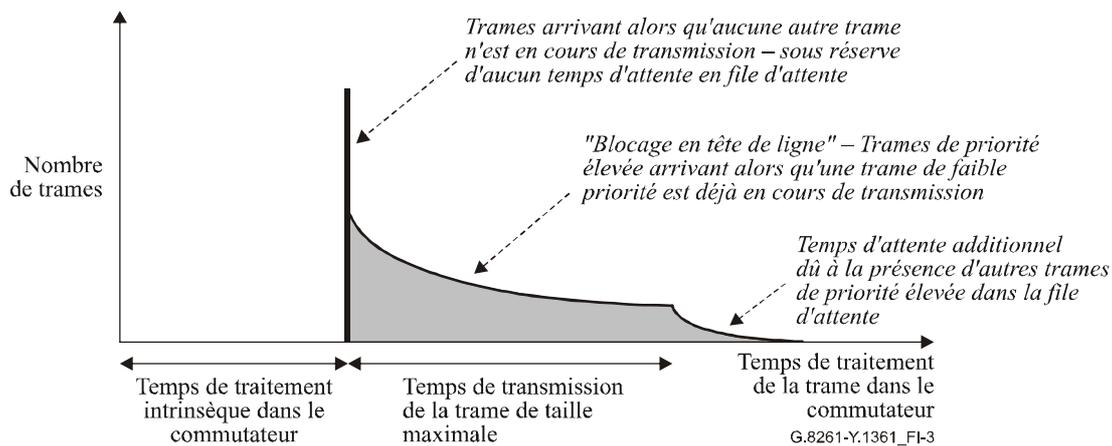
Le temps de traitement dans l'étage de commutation dépend aussi de l'architecture du commutateur et de sa charge de trafic. Par exemple, bon nombre de commutateurs utilisent des algorithmes de programmation pour la commutation des trames entre les ports d'entrée et les ports de sortie, ce qui peut entraîner une faible variation du temps de traitement des trames, suivant leur instant d'arrivée par rapport au "tic" du programmeur. Toutefois, dans la plupart des cas, cette variation du temps de traitement est faible car le programmeur fonctionne à une fréquence élevée.

Pour des débits de données d'entrée très élevés, l'étage de commutation peut être surchargé et incapable de prendre en charge la totalité du volume de trafic à commuter. Il en résultera alors un abandon de trames.

### I.1.4 Temps d'attente dans la file d'attente de sortie

Le temps d'attente dans la file d'attente de sortie dépendra de la politique de mise en file d'attente employée et de la priorité du flux de trafic. Par exemple, lorsqu'une politique de priorité stricte est appliquée, un flux de priorité élevée (par exemple un flux de paquets de rythme) risque de subir une attente "due au blocage en tête de ligne". C'est le cas lorsqu'une trame, tout en ayant la priorité maximale, arrive au port de sortie juste après qu'une trame de faible priorité ait commencé à être transmise. La trame de priorité élevée doit alors attendre que la transmission de l'autre trame soit terminée.

La Figure I.3 montre le profil des temps d'attente pour une population de trames de priorité élevée lorsqu'une politique de mise en file d'attente fondée sur la priorité stricte est appliquée. Dans un souci de simplicité, on suppose dans le diagramme que le temps de traitement des trames dans les autres fonctions du commutateur, appelé ici "temps de traitement intrinsèque dans le commutateur", est approximativement constant. Une partie des trames arrivent au niveau de la file d'attente de sortie à un moment auquel aucune autre trame n'est en cours de transmission. Ces trames sont transmises immédiatement. Les autres trames doivent attendre dans la file d'attente jusqu'à ce que la transmission soit terminée. Il peut également y avoir un temps d'attente additionnel dû à la présence d'autres paquets de priorité élevée dans la file d'attente.



**Figure I.3/G.8261/Y.1361 – Mise en file d'attente fondée sur la priorité stricte: blocage en tête de ligne**

### I.1.5 Temps de traitement types dans les commutateurs Ethernet

Sur la base du modèle décrit au § I.1, il est possible de modéliser de façon simplifiée les temps de traitement dans un commutateur Ethernet, deux contributions principales étant retenues.

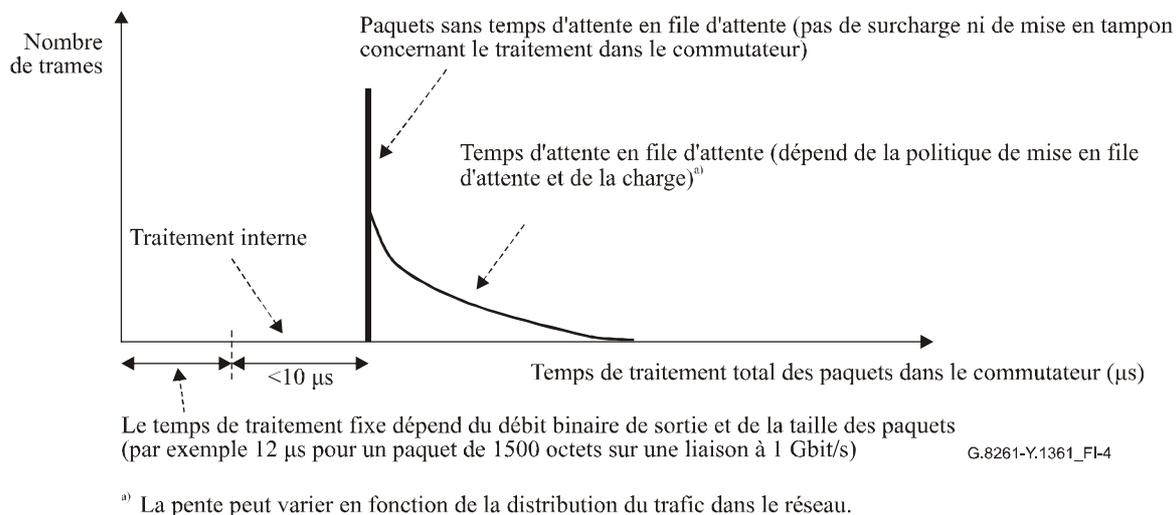
Le premier type de contribution est lié aux opérations de classification, de contrôle d'admission et de commutation tandis que le second est lié à la file d'attente de sortie et à la transmission.

Le premier type est donc essentiellement lié à la capacité de traitement du commutateur tandis que le second dépend du débit binaire de la liaison de sortie (par exemple 1 Gbit/s) ainsi que de la politique de mise en file d'attente et des priorités qui sont implémentées.

Dans l'hypothèse où des commutateurs Ethernet ne seront pas implémentés dans le réseau Ethernet dans le cas où leur capacité de traitement entraînerait un engorgement, on peut supposer que la capacité de traitement contribue pour moins de 10  $\mu$ s (en réalité, il faut 12  $\mu$ s pour transmettre sur une liaison à 1 Gbit/s un paquet de 1500 octets se trouvant dans la file d'attente de sortie) et que, d'autre part, la surcharge ou la mise en tampon concernant le traitement ne pose pas de problème (voir la Figure I.2).

En ce qui concerne le second type de contribution au temps de traitement, on peut en calculer les valeurs conformément au modèle présenté à l'Appendice V.

Le modèle simplifié est illustré sur la Figure I.4.



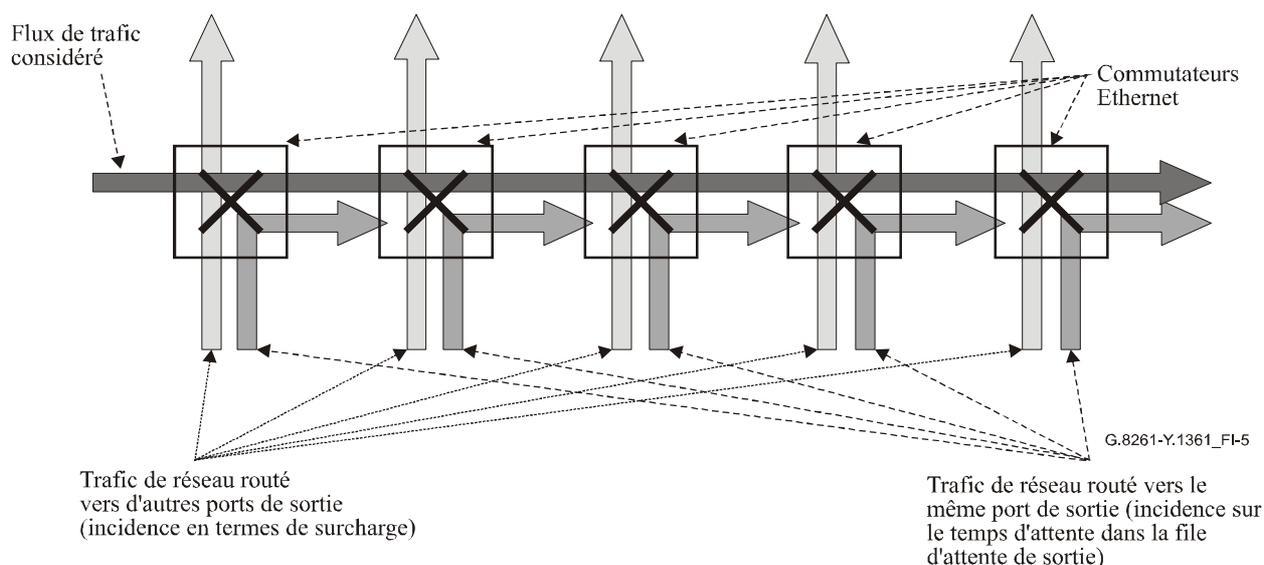
**Figure I.4/G.8261/Y.1361 – Modèle simplifié concernant les temps de traitement dans le commutateur Ethernet**

D'après la Figure I.4, on notera que le traitement de la file d'attente peut également avoir une incidence sur la forme de la distribution des temps de traitement.

## I.2 Caractéristiques des réseaux Ethernet commutés

### I.2.1 Topologie des réseaux Ethernet

Les topologies de réseaux possibles sont nombreuses, mais, lorsqu'il s'agit d'examiner un flux particulier dans un réseau, on peut utiliser comme modèle une chaîne de commutateurs Ethernet comme indiqué sur la Figure I.5. A chaque commutateur de la chaîne, une trame Ethernet risque de subir un retard découlant des mécanismes décrits au § I.1. Les autres trames passant dans le commutateur ont une incidence sur ce retard. Le trafic acheminé vers le même port de sortie aura une incidence sur le temps d'attente dans la file d'attente de sortie, tandis que l'ensemble du trafic passant dans le commutateur (y compris celui qui est acheminé vers les autres ports) aura une incidence sur la durée de traitement et la durée de commutation.



**Figure I.5/G.8261/Y.1361 – Flux de données dans un réseau Ethernet**

La longueur de la chaîne a une incidence sur le temps de transfert total du système; en d'autres termes, plus les commutateurs sont nombreux, plus le temps de transfert total est grand, et plus la variation de ce temps de transfert est grande aussi. Toutefois, dans bon nombre des réseaux Ethernet, la longueur de la chaîne peut être relativement petite. Par exemple, un réseau hiérarchique comporte souvent deux ou trois niveaux uniquement, la longueur de la chaîne étant alors de cinq commutateurs au plus.

Dans certains cas, on emploie une topologie en anneau, généralement fondée sur dix commutateurs environ, ce qui donne une "distance" maximale autour de l'anneau de cinq commutateurs. On utilise parfois des anneaux interconnectés, ce qui a pour effet de doubler la "distance" et de la porter à environ dix.

### **I.2.2 Diagrammes et niveaux de trafic**

A l'exception du trafic à débit constant et en temps réel, le trafic de réseau est essentiellement un trafic par rafales. A presque tous les niveaux, on observe des variations de trafic. Par exemple, à un très bas niveau, on observe des rafales liées à l'ouverture et à la fermeture de la fenêtre TCP. A un niveau plus élevé, on peut observer des rafales liées à la nature de l'application (par exemple des téléchargements de fichiers volumineux), tandis qu'à un niveau encore plus élevé, on peut observer des rafales liées à l'heure du jour (par exemple niveaux d'activité plus élevés le jour que la nuit).

Lorsqu'on examine les caractéristiques de temps de transfert d'un flux de transport TDM, il faut tenir compte des effets des autres flux de trafic dans le réseau. Par exemple, sur la Figure I.5, chacun des flux de trafic dans le réseau peut varier d'une manière ou d'une autre, indépendamment des autres flux.

Dans la Rec. UIT-T G.1020, il est proposé d'utiliser des modèles de Markov à quatre états pour modéliser la distribution des pertes de paquets. On peut appliquer une technique analogue aux longueurs de rafale dans chaque flux, afin de modéliser les rafales et les groupes de rafales. On peut ensuite appliquer une variation à plus long terme (par exemple la variation diurne) en tant que variation progressive dans les densités de rafales.

### **I.2.3 Événements perturbateurs dans les réseaux Ethernet**

Il existe plusieurs types "d'événements perturbateurs" susceptibles de causer dans un réseau Ethernet des variations soudaines du temps de transfert, permanentes ou temporaires. Ces événements perturbateurs sont notamment les suivants:

- changement du routage, entraînant une variation échelon permanente du temps de transfert;
- surcharge de réseau temporaire, entraînant une importante variation du temps de transfert mais à titre temporaire;
- perte de service temporaire, entraînant la perte de tous les paquets pendant une certaine période.

## **Appendice II**

### **Période de stabilisation**

La période de stabilisation est un paramètre qui peut être important pendant la phase de démarrage (pour installer rapidement les équipements) ou lors de la commutation entre deux références de rythme (pour limiter les transitoires de phase). Si un équipement fonctionne en mode maintien pendant de longues périodes (par exemple pendant des heures), l'erreur de phase qui se produit au moment de choisir une nouvelle référence d'horloge est normalement largement dominée par l'erreur de phase causée par l'erreur de fréquence de l'horloge en mode maintien.

En cas d'utilisation d'une méthode adaptative, la période de stabilisation requise peut dépendre du bruit de phase effectif dans le réseau paquets. De fait, en cas de forte variation du temps de transfert des paquets dans un réseau paquets, la durée nécessaire pour verrouiller l'horloge sur la référence de rythme peut être longue.

L'implémentation de filtres et les caractéristiques de l'oscillateur interne sont également importantes. En réalité, suivant les caractéristiques du mode maintien (par exemple Type II ou Type III de la Rec. UIT-T G.812), on peut accepter une durée plus longue lors de la commutation entre deux références, car un bon maintien permet d'avoir des périodes de verrouillage plus longues (la principale exigence est de limiter l'erreur de phase totale pendant la commutation entre les références).

Les exigences concernant la période de stabilisation sont actuellement à l'étude.

Dans le cadre des tests décrits en détail à l'Appendice VI, une période de stabilisation d'au moins 900 s est proposée pour les méthodes adaptatives étant donné que, pour pouvoir caractériser correctement les statistiques de variation du temps de transfert des paquets dans un réseau, une durée suffisamment longue peut être requise.

## Appendice III

### Modèles fonctionnels fondés sur les Recommandations UIT-T G.805 et G.809

NOTE – Le présent appendice fait le point de l'état actuel des développements dans le domaine de la modélisation de la synchronisation, en utilisant quelques-uns des concepts de base définis dans la Rec. UIT-T G.805.

Cette version de la présente Recommandation porte sur l'émulation de circuit dans les réseaux Ethernet. L'architecture des réseaux Ethernet est spécifiée dans la Rec. UIT-T G.8010/Y.1306, sur la base des Recommandations UIT-T G.805 et G.809, lesquelles définissent les méthodes de modélisation élaborées par l'UIT-T pour spécifier de façon formelle les architectures et les équipements de réseau.

La présente Recommandation décrit brièvement la fonction d'interfonctionnement qui est nécessaire pour acheminer les charges utiles TDM dans les réseaux paquets (voir § 12). Le présent appendice décrit en détails certains composants nécessaires pour acheminer des services PDH émulsés dans les réseaux paquets. Cette version de la présente Recommandation ne décrit pas la fonction d'interfonctionnement sur la base des éléments de modélisation G.805 actuels car certains aspects liés à la synchronisation ne peuvent pas être décrits au moyen des méthodes de modélisation G.805. Il est nécessaire d'apporter des extensions aux modèles G.805 en la matière. Le présent appendice décrit des modèles fonctionnels préliminaires.

La fonction d'interfonctionnement décrite sur la Figure 14 contient un certain nombre d'éléments essentiels nécessaires pour adapter des signaux TDM au transport par paquets.

Ces fonctions sont les suivantes:

- conversion TDM vers paquet;
- conversion paquet vers TDM;
- fonctions liées aux paquets (par exemple ajout d'un préfixe);
- transport dans la couche Physique.

Les diverses horloges requises sont essentielles pour la synchronisation des fonctions IWF, par exemple:

- récupération et production d'horloge TDM;
- récupération d'horloge à partir de la couche Physique;
- récupération d'horloge fondée sur les paquets.

Dans le cas de la récupération d'horloge fondée sur les paquets, la présente Recommandation décrit deux types de méthodes, différentielles et adaptatives.

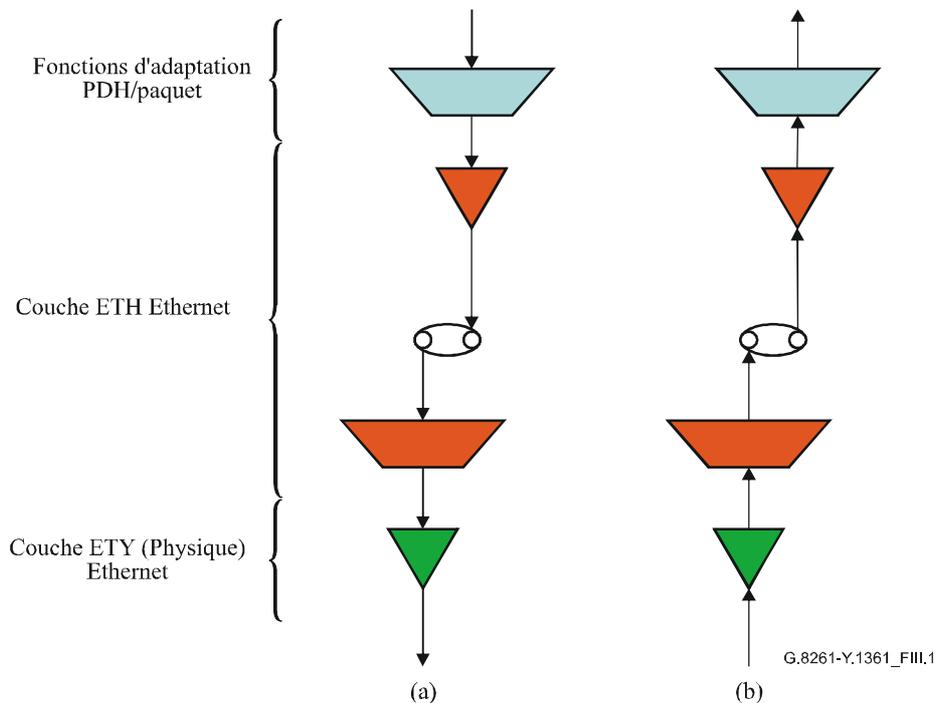
#### III.1 Application de la Rec. UIT-T G.805 à la fonction IWF

La Rec. UIT-T G.805 contient un certain nombre d'éléments architecturaux permettant de spécifier les réseaux de couche. Une propriété essentielle de la Rec. UIT-T G.805 est la notion de relations client serveur dans une architecture de réseau. Un réseau donné peut avoir plusieurs couches, les couches interagissant les unes avec les autres dans une relation client serveur. Les réseaux SDH, OTN et Ethernet sont des exemples de réseaux de couche. Dans le cas des réseaux SDH, les trois couches sont la couche des conduits, la couche des sections de multiplexage et la couche des sections de régénération. La couche des conduits est un client de la couche de multiplexage et la couche de multiplexage est un client de la couche de régénération. Dans le cas des réseaux Ethernet, la Rec. UIT-T G.8010/Y.1306 définit deux couches, la couche ETH et la couche ETY. La couche ETH est analogue à la couche 2 du modèle de référence OSI (la couche Liaison de données) et

assure des fonctions de type paquet. La couche ETY est analogue à la couche Physique OSI (couche 1).

La Rec. UIT-T G.805 décrit des blocs fonctionnels permettant de décrire les propriétés des différentes couches de réseau. Les deux principaux blocs fonctionnels sont les fonctions d'adaptation et les fonctions de terminaison de chemin. L'interaction entre les couches est assurée par les fonctions d'adaptation. Les fonctions de terminaison de chemin ajoutent le préfixe nécessaire pour acheminer le signal dans le réseau de couche serveur. Un signal de réseau de couche client est acheminé dans un réseau de couche serveur grâce à l'adaptation du client au serveur au moyen d'une fonction d'adaptation. Les informations acheminées dans une couche donnée sont appelées informations caractéristiques (CI, *characteristic information*). Pour plus d'informations, on se reportera à la Rec. UIT-T G.805.

En ce qui concerne la fonction IWF CES de la présente Recommandation ainsi que les couches ETH et ETY Ethernet, la Figure 12 contient des fonctions de couche paquet et de couche Physique et, par conséquent, les couches ETH et ETY Ethernet sont toutes deux implémentées dans la fonction IWF. La conversion PDH vers paquet ne fait pas partie des couches Ethernet, mais peut être considérée comme une fonction d'adaptation au sens de la Rec. UIT-T G.805. La fonction IWF de base dans le sens PDH vers paquet (entrée PDH dans la fonction IWF) est représentée dans la partie (a) de la Figure III.1 et celle dans le sens paquet vers TDM (sortie PDH) est représentée dans la partie (b) de la Figure III.1 (b). Il est à noter que certains composants d'horloge de la fonction IWF ne sont pas explicitement représentés sur cette figure (par exemples, horloges, sélecteurs de référence d'horloge), tandis que d'autres peuvent être contenus dans des fonctions spécifiques. Par exemple, la récupération d'horloge PDH peut être considérée comme faisant partie de la fonction d'adaptation de la couche PDH à la couche paquet étant donné qu'elle se rapporte à l'adaptation des informations d'horloge de la couche client à la couche serveur sous-jacente (voir III.2 ci-dessous). En outre, la description des blocs fonctionnels sur la Figure III.1 ne restreint pas les implémentations et peut être appliquée à diverses topologies d'équipements.



**Figure III.1/G.8261/Y.1361 – Blocs fonctionnels de la fonction IWF CES**

### III.2 Informations de rythme transportées dans les réseaux de couche

Selon la méthode de modélisation des réseaux de couche, les informations provenant d'une couche client sont transportées dans un réseau de couche serveur. Les informations transportées sont appelées informations caractéristiques (CI). Les informations caractéristiques sont définies pour un réseau de couche particulier et varient d'un réseau de couche à l'autre. Par exemple, les informations caractéristiques d'un signal PDH sont les données et les informations d'horloge.

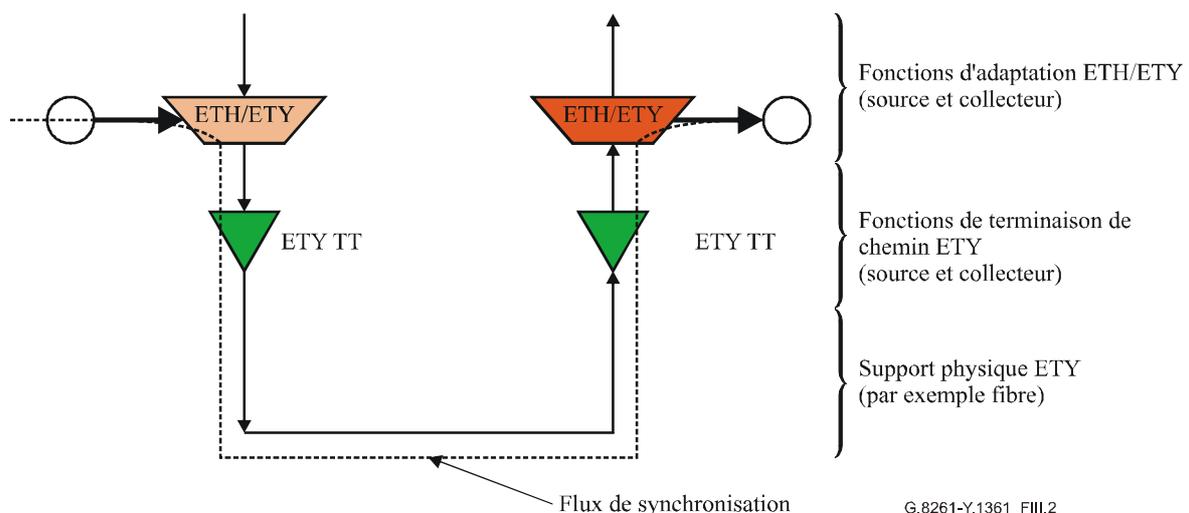
En ce qui concerne les informations d'horloge, le réseau de couche PDH et le réseau de couche ETY ont des informations de rythme parmi les informations caractéristiques, mais pas la couche ETH. Les informations caractéristiques d'un signal PDH entrant dans la fonction IWF sont les données et les informations d'horloge (l'horloge de service). La fonction IWF a pour objet de transporter ces données et informations d'horloge.

Comme indiqué plus haut, les fonctions d'adaptation servent à adapter les informations du client pour que celles-ci puissent être acheminées dans un réseau de couche serveur. Dans ce cas, les informations caractéristiques du réseau de couche client sont alors appelées informations adaptées (AI, *adapted information*). Les réseaux de couche serveur peuvent tous transporter la partie données des informations caractéristiques du client, mais ils ne sont pas tous capables intrinsèquement de transporter les informations de rythme. En pareil cas, lorsque le transport des informations de rythme est requis, il faut mettre en place d'autres moyens.

En ce qui concerne les réseaux de couche serveur de paquets, la présente Recommandation décrit deux types de méthodes destinées à permettre d'acheminer les informations de rythme du signal PDH de couche client dans un réseau de couche serveur de paquets. Il s'agit des méthodes différentielles et des méthodes adaptatives décrites au § 9.

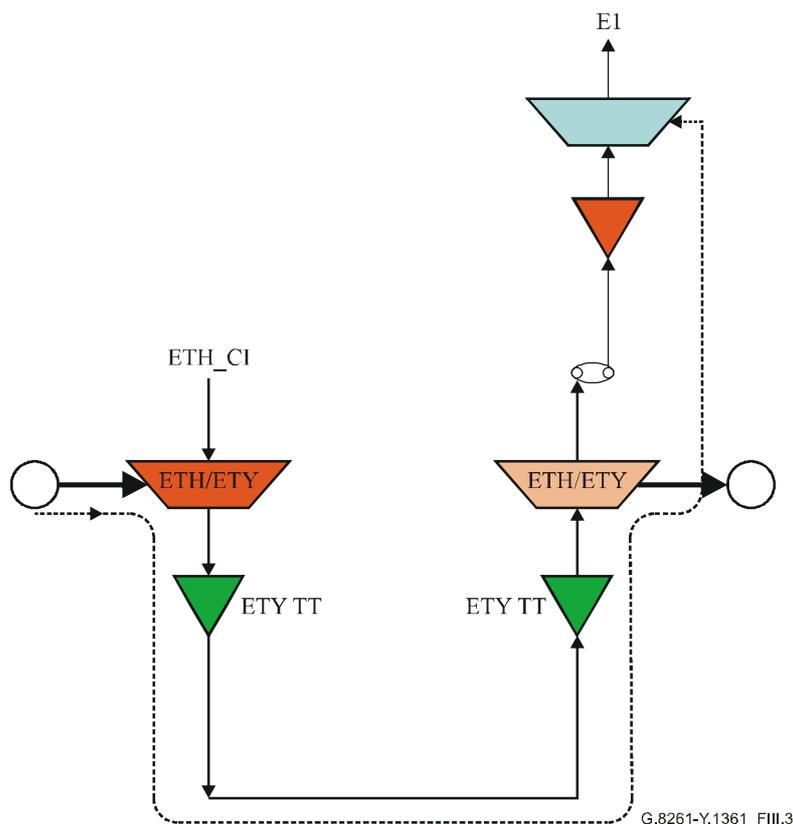
### III.3 Modèle fonctionnel de synchronisation à partir de la couche Physique Ethernet

La Figure 14 montre que la fonction IWF peut être synchronisée via "l'interface physique en mode paquet". Dans le modèle de l'architecture Ethernet, seules la fonction terminaison de chemin ETY et la fonction d'adaptation ETH/ETY sont utilisées. Pour une liaison point à point, le modèle fonctionnel est représenté sur la Figure III.2. Le flux de synchronisation est illustré sur cette figure. Le rythme fourni à la fonction d'adaptation ETH/ETY peut provenir d'une source externe ou d'un oscillateur autonome interne.



**Figure III.2/G.8261/Y.1361 – Modèle fonctionnel de synchronisation Ethernet (couche Physique Ethernet synchrone)**

La Figure III.3 donne un exemple de synchronisation d'une fonction d'adaptation PDH/ETH collecteur à partir d'informations de rythme provenant de la couche Physique.

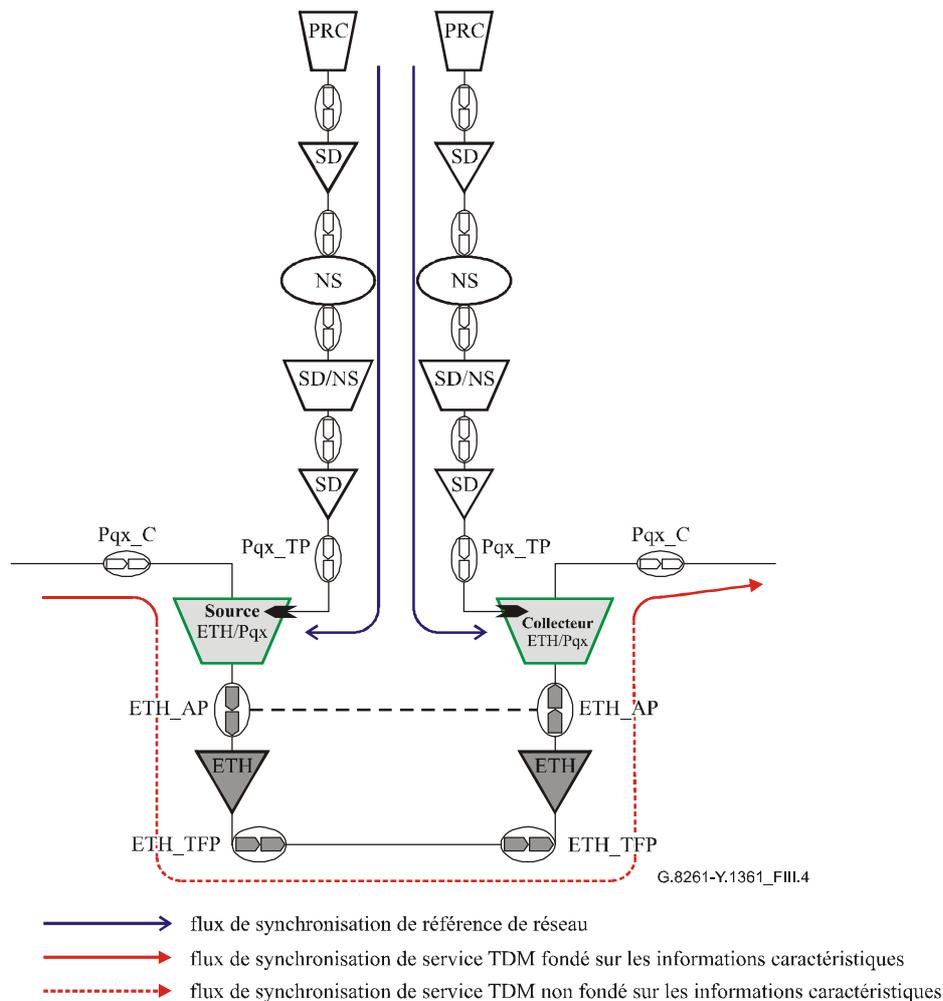


**Figure III.3/G.8261/Y.1361 – Exemple de synchronisation d'une fonction d'adaptation PDH/ETH à partir d'informations de rythme provenant de la couche Physique**

#### III.4 Modèle fonctionnel concernant les méthodes différentielles et les méthodes adaptatives

La présente Recommandation décrit des méthodes différentielles et des méthodes adaptatives de transfert du rythme sur la base de méthodes fondées sur les paquets. Dans les deux cas, les fonctions en question se trouvent dans les fonctions d'adaptation PDH/ETH (voir la Figure III.1). La principale différence entre ces deux techniques est que, dans le cas des méthodes différentielles, une référence de rythme doit être fournie à la fois à la fonction PDH/ETH collecteur et à la fonction PDH/ETH source. Les méthodes adaptatives reposent généralement sur le débit moyen de réception des paquets au niveau de la fonction IWF collecteur, déterminé généralement par la mesure du temps écoulé entre l'arrivée de deux paquets successifs ou par le contrôle du niveau de remplissage du tampon (certains mécanismes de récupération d'horloge adaptative peuvent aussi utiliser des horodates), et une référence externe n'est donc pas nécessaire. Les modèles fonctionnels concernant les méthodes différentielles et les méthodes adaptatives sont respectivement représentés sur la Figure III.4 et sur la Figure III.5.

NOTE – Dans le présent appendice, deux fonctions distinctes sont définies pour les méthodes différentielles et pour les méthodes adaptatives afin de ménager une certaine souplesse au niveau de l'implémentation.



**Figure III.4/G.8261/Y.1361 – Modèle fonctionnel concernant la synchronisation différentielle**

Dans le cas du mode différentiel, les fonctions IWF source et collecteur (fonctions d'adaptation ETH/Pqx) reposent sur une horloge de référence calée sur une horloge PRC (flux de synchronisation en bleu). Au niveau de la fonction IWF source, la différence entre le rythme du service (flux de synchronisation en trait continu rouge) et la référence externe est codée sous la forme d'horodates. Ces informations sont transférées dans le réseau Ethernet (flux de synchronisation en pointillés rouges). Au niveau de la fonction IWF collecteur, les horodates et la référence externe servent à recréer l'horloge de service (flux de synchronisation en trait continu rouge). Par conséquent, la même référence (calée sur une horloge PRC) est nécessaire aux deux extrémités.



## Appendice IV

### Aspects de synchronisation à la périphérie du réseau

#### IV.1 Exigences de synchronisation concernant les stations de base GSM, WCDMA et CDMA2000

Les exigences de rythme applicables à l'interface radioélectrique GSM figurent dans la spécification technique TS 145 010 [B3] de l'ETSI. L'exigence de base est de respecter une précision en fréquence de 50 ppb à l'interface radioélectrique.

Les exigences de rythme applicables à l'interface radioélectrique WCDMA figurent dans les spécifications techniques TS 125 104 (mode FDD) [B4] et TS 125 105 (mode TDD) [B5]. Là encore, l'exigence de base est de respecter une précision en fréquence de 50 ppb à l'interface radioélectrique.

La structure et les normes applicables à la couche 1 à l'entrée de la station BTS/du nœud B afin de respecter l'exigence de base sont présentées dans les spécifications techniques TS 100 594 [B10] pour le GSM, et TS 125 402 [B6] et TS 125 431 [B11] pour le WCDMA.

Les exigences de synchronisation concernant les signaux d'entrée sont exprimées en termes de gabarits de dérapage de sortie présentés dans les Recommandations UIT-T G.823 et UIT-T G.824, et de calage sur une source PRC.

La spécification technique TS 125 402 [B6] contient en outre des exigences concernant la précision en phase en mode TDD WCDMA: la différence de phase relative entre nœuds B ne doit pas dépasser 2,5  $\mu$ s.

Il convient de noter que dans le cas d'un réseau d'accès radioélectrique GSM ou WCDMA, les exigences concernant la précision en fréquence ne sont pas aussi strictes pour ce qui est de limiter le taux de glissement.

En réalité, dans ces cas, les données d'un seul utilisateur sont stockées dans un tampon relativement grand (de 10 à 30 ms) et, dans l'hypothèse d'une précision en fréquence de 50 ppb, la perte de données (tampon vide ou plein) se produit normalement au bout de durées longues, beaucoup plus longues que dans le cas d'éléments de réseau de commutation classiques pour lesquels les tampons de traitement des données sont beaucoup plus petits (125 microsecondes).

Pour le CDMA2000, la norme applicable est la norme 3GPP2 C.S0010-B. Concernant les exigences de synchronisation, il y est précisé que:

- le rythme de la station de base ne doit pas différer du temps UTC de plus de 10 $\mu$ s;
- la différence moyenne entre la fréquence réelle de la porteuse d'émission CDMA et la fréquence assignée doit être comprise dans l'intervalle  $\pm 50$  ppb.

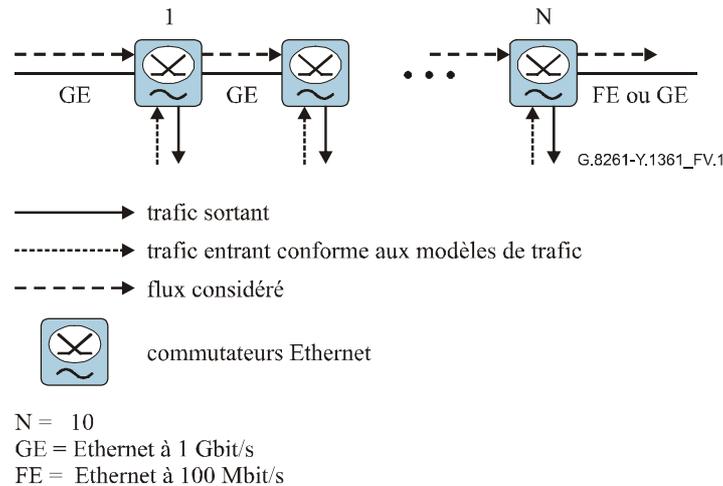
En outre, conformément à la spécification 3GPP2 C.S0002-B, toutes les transmissions numériques des stations de base doivent reposer sur l'échelle de temps commune aux systèmes CDMA, qui utilise l'échelle de temps du système mondial de localisation (GPS, *global positioning system*), celle-ci étant calée sur le temps universel coordonné (UTC, *universal coordinated time*) et étant synchrone avec celui-ci.

## Appendice V

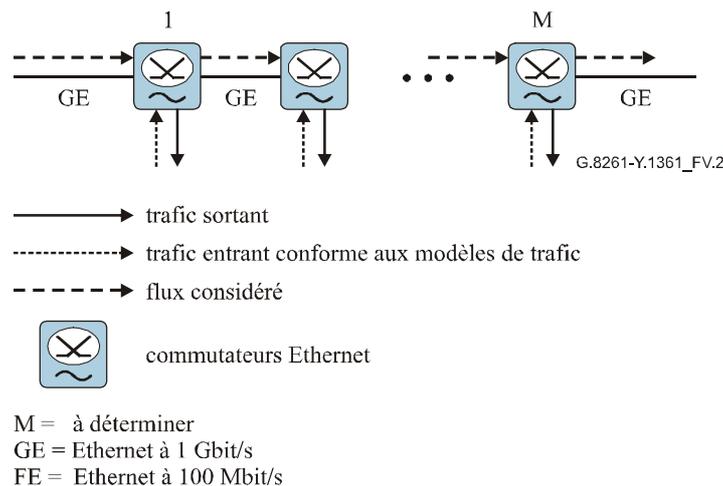
### Modèles de référence des réseaux paquets

Les modèles de référence des réseaux paquets qui ont été utilisés pour caractériser la performance des réseaux paquets en termes de variations du temps de transfert des paquets sont représentés sur les figures qui suivent: le modèle A sur la Figure V.1 pour les applications dont les exigences en termes de temps de transfert et de variation du temps de transfert sont très strictes, le modèle B sur la Figure V.2 pour les scénarios dont les exigences en termes de variation du temps de transfert sont moins strictes.

Ces modèles ne décrivent pas comment les réseaux paquets doivent être conçus. Leur but est uniquement de préciser de manière générale les caractéristiques des réseaux paquets.



**Figure V.1/G.8261/Y.1361 – Modèle A de référence de réseau paquets (réseau Ethernet commuté)**



**Figure V.2/G.8261/Y.1361 – Modèle B de référence de réseau paquets (réseau Ethernet commuté)**

NOTE 1 – En ce qui concerne le nombre de commutateurs Ethernet ("M") sur la Figure V.2, il est généralement admis que 20 est un nombre raisonnable. Ce nombre doit être confirmé.

NOTE 2 – Des liaisons à 10 Gbit/s pourront être envisagées dans de nouveaux modèles.

Les scénarios suivants ont été envisagés:

- scénario 1: réseau Ethernet commuté, meilleur effort avec surapprovisionnement (une seule file d'attente);
- scénario 2: réseau Ethernet commuté, qualité de service conforme aux normes IEEE 802.1q, IEEE 802.1p (au moins 2 files d'attente, avec une file d'attente réservée au traitement des données en temps réel et politique de mise en file d'attente équitable pondérée (WFQ, *weighted fair queuing*));
- scénario 3: réseau Ethernet commuté, qualité de service conforme aux normes IEEE 802.1q, IEEE 802.1p (avec une file d'attente réservée au traitement des données utilisées pour la récupération du rythme, par exemple horodates).

NOTE 3 – Pour comprendre l'applicabilité des modèles représentés sur les Figures V.1 et V.2, une solution simple consiste à définir deux principaux types de réseau: un réseau dorsal, qui peut aussi être utilisé pour acheminer des services dans le réseau d'accès (par exemple largeur de bande louée), et un réseau d'accès dédié. Le modèle B (Figure V.2) est alors le modèle de référence qui s'applique principalement au premier type de réseau paquets (réseau dorsal), tandis que le modèle A (Figure V.1) est le modèle de référence qui s'applique principalement à un réseau d'accès (par exemple réseau d'accès radioélectrique).

D'après les modèles décrits au § 7, cela signifie qu'en général (dans la plupart des cas), l'îlot CE dans les configurations 1 et 3 peut être caractérisé par le modèle B de référence de réseau paquets tandis que l'îlot CE dans la configuration 2 peut être caractérisé par le modèle B de référence de réseau paquets. Un troisième cas est défini lorsqu'une largeur de bande est louée par un opérateur entre deux points d'extrémité raccordés par des commutateurs Ethernet (par exemple largeur de bande garantie de 100 Mbit/s pour un transport à 1 Gbit/s). Dans ce cas aussi, les modèles du présent appendice peuvent être utilisés. Moyennant un accord approprié sur le niveau de service (accord SLA) entre le client et l'opérateur de réseau Ethernet, on peut supposer que le trafic interférant aux nœuds intermédiaires peut être considéré comme un trafic de plus faible priorité. Dans ce cas, l'accord SLA permet de garantir une certaine largeur de bande et d'accroître la priorité, ces deux éléments étant essentiels dans un accord SLA haut de gamme comme ceux que les opérateurs cellulaires exigeront de leurs fournisseurs Ethernet. On peut alors considérer qu'il s'agit d'un scénario dont les caractéristiques de traitement du trafic se situent entre celles du scénario 2 et celles du scénario 3. En ce qui concerne le résultat attendu, lorsqu'une largeur de bande est louée dans un réseau paquets, la performance obtenue est normalement meilleure que dans le cas des scénarios 1 et 2.

Pour caractériser un réseau paquets, on prend en considération les éléments suivants:

- charge de trafic: statique à 60%;
- débit de paquets: 10 paquets par seconde;
- intervalles d'observation: 60 minutes;
- modèles de trafic conformes à l'Appendice VI;
- longueur de paquet de 90 octets.

En ce qui concerne les éléments énumérés ci-dessus, on peut également prendre en considération les caractéristiques des signaux à 2 Mbit/s: à savoir des paquets avec une charge utile de 256 octets et un débit de paquets de 1000 paquets/s.

Sur la base des modèles ci-dessus, les paramètres dans le Tableau V.I décrivent le comportement typique du réseau paquets dans les différents cas:

**Tableau V.1/G.8261/Y.1361 – Paramètres concernant les différents modèles de réseau**

Modèle de réseau		Temps de transfert moyen (µs)	Temps de transfert minimal + seuil <sup>a)</sup> (x%) (µs)
Modèle A	Scénario 1	1400	800 + 1700 (95%) 800 + 800 (50%) 800 + 20 (10%) 800 + 1 (1%)
	Scénario 2	A étudier	A étudier
	Scénario 3	A étudier	A étudier
Modèle B	Scénario 1	A étudier	A étudier
	Scénario 2	A étudier	A étudier
	Scénario 3	A étudier	A étudier

<sup>a)</sup> Cette valeur est la variation maximale du temps de transfert pour x% des paquets (95%, 50%, 10% et 1% sont les valeurs de référence).

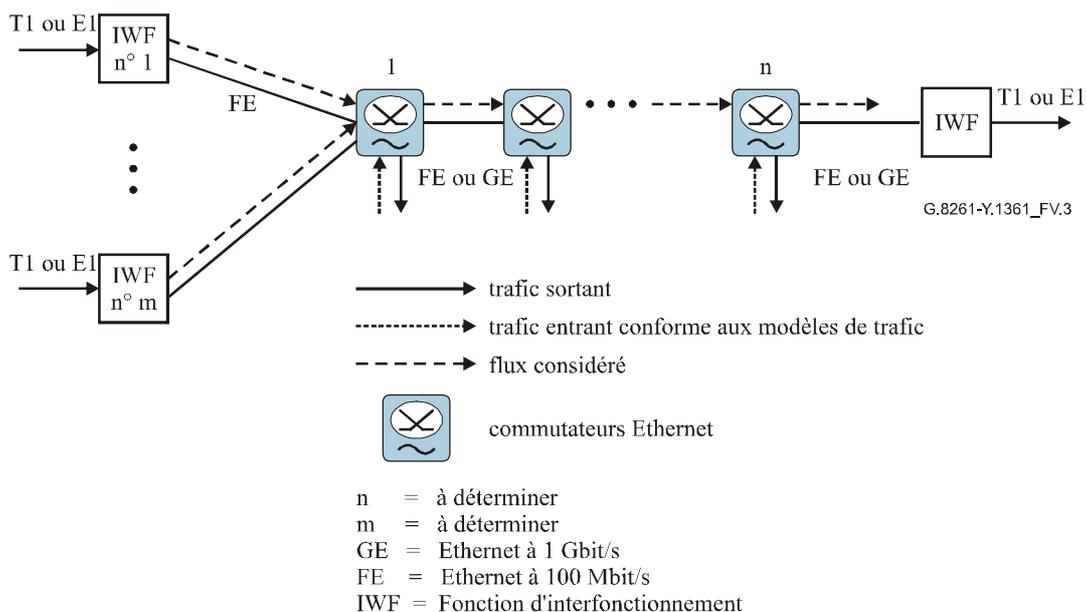
NOTE 4 – Les valeurs sont fondées sur une configuration comportant uniquement des liaisons à 100 Mbit/s. Le scénario est prudent, notamment pour les paquets dont la variation du temps de transfert est grande. Un complément d'étude est nécessaire pour confirmer et compléter le tableau.

Les tests élémentaires qui sont nécessaires pour tester le réseau dans des conditions non statiques ou en situation de défaillance sont décrits en détail à l'Appendice VI.

On peut utiliser différents débits de paquets afin de tester différentes applications et d'améliorer la performance des algorithmes de filtrage (cela s'applique dans le cas des méthodes adaptatives ou, de façon plus générale, lorsque la synchronisation est acheminée dans des paquets).

NOTE 5 – Il convient aussi de prendre en considération la distribution spectrale pour la caractérisation des réseaux paquets. Ce point doit faire l'objet d'un complément d'étude.

NOTE 6 – La définition d'autres scénarios est à l'étude. Ces modèles devraient permettre d'étudier d'autres scénarios de réseau intéressants (par exemple concentration de trafic aboutissant à un goulot d'étranglement comme indiqué sur la Figure V.3).



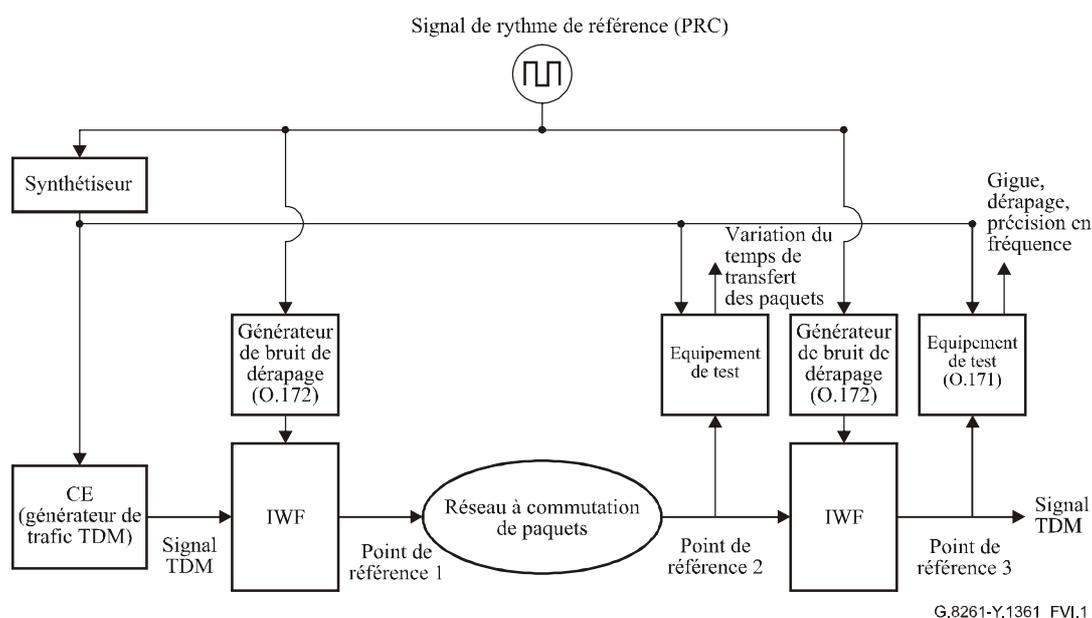
**Figure V.3/G.8261/Y.1361 – Configuration de goulot d'étranglement**

## Appendice VI

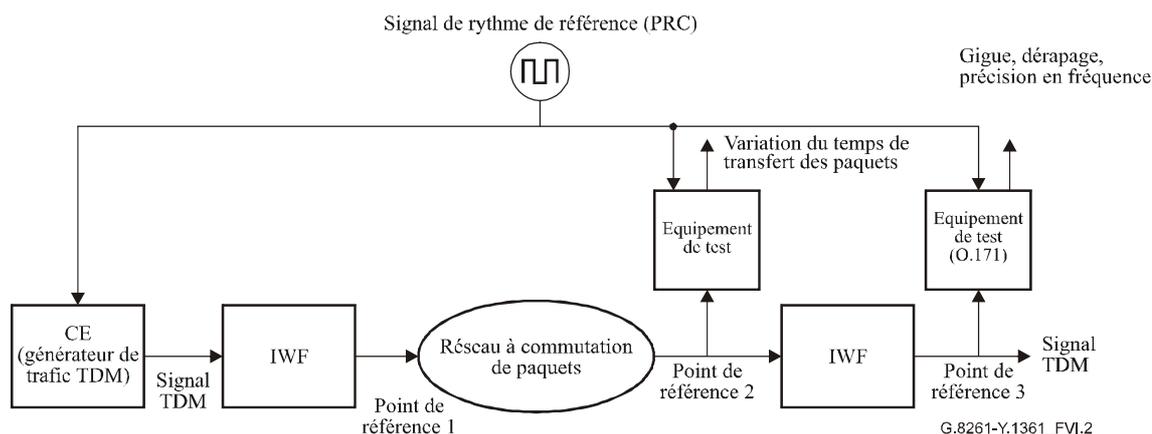
### Lignes directrices concernant les mesures

#### VI.1 Points de référence pour les mesures

Les points de référence pour les mesures sont indiqués sur la Figure VI.1 (méthode de récupération d'horloge différentielle) et sur la Figure VI.2 (méthode de récupération d'horloge adaptative). Ces figures correspondent à deux scénarios de test très importants. Des scénarios additionnels pourront être définis dans de futures versions de la présente Recommandation.



**Figure VI.1/G.8261/Y.1361 – Points de référence pour les mesures dans la méthode de récupération d'horloge différentielle**



NOTE – Le signal de rythme de référence (PRC) est utilisé pour représenter l'horloge de service TDM.

**Figure VI.2/G.8261/Y.1361 – Points de référence pour les mesures dans la méthode de récupération d'horloge adaptative**

NOTE 1 – Le "générateur de bruit de dérapage" présent sur la Figure VI.1 a pour objet de simuler le bruit produit par le réseau de synchronisation (comme spécifié dans la Rec. UIT-T O.172). La sortie de ce

générateur doit être conforme à l'interface de synchronisation spécifiée dans les Recommandations UIT-T G.824 et G.823.

NOTE 2 – Le synthétiseur présent sur la Figure VI.1 est nécessaire pour modifier la fréquence des signaux TDM asynchrones (dans les limites définies dans la Rec. UIT-T G.703).

NOTE 3 – Le présent appendice contient une série de tests destinés à évaluer la performance de la récupération d'horloge adaptative pour différents types de topologies de réseau, de caractéristiques de trafic et d'altérations. Toutefois, les tests définis ici ne sont pas exhaustifs et ne couvrent pas toutes les altérations susceptibles d'être causées par le réseau paquets. D'autres tests pourront être définis dans l'avenir, par exemple:

- récupération d'horloge en présence d'une agrégation de liaisons (par exemple 802.1ad);
- récupération d'horloge en présence d'une certaine qualité de service;
- récupération d'horloge en présence d'un contrôle de flux (par exemple trames de pause 802.3x).

NOTE 4 – Les tests concernant la méthode de récupération d'horloge différentielle sont à définir.

NOTE 5 – Les méthodes de mesure relatives aux signaux asynchrones sont définies à l'Appendice II/G.823.

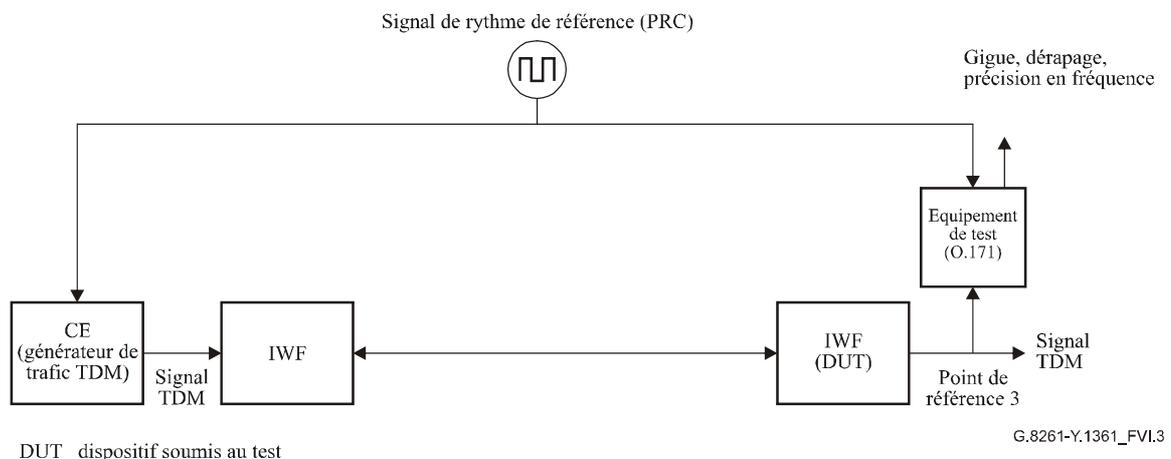
## VI.2 Topologies de test

Les topologies de test décrites ici incluent des méthodes permettant de tester les méthodes de synchronisation applicables à la présente Recommandation.

Ces tests ont été définis dans un environnement contrôlé (et non sur le terrain).

### VI.2.1 Test de base

La topologie du test de base est représentée sur la Figure VI.3.



NOTE – Le signal de rythme de référence (PRC) est utilisé pour représenter l'horloge de service TDM.

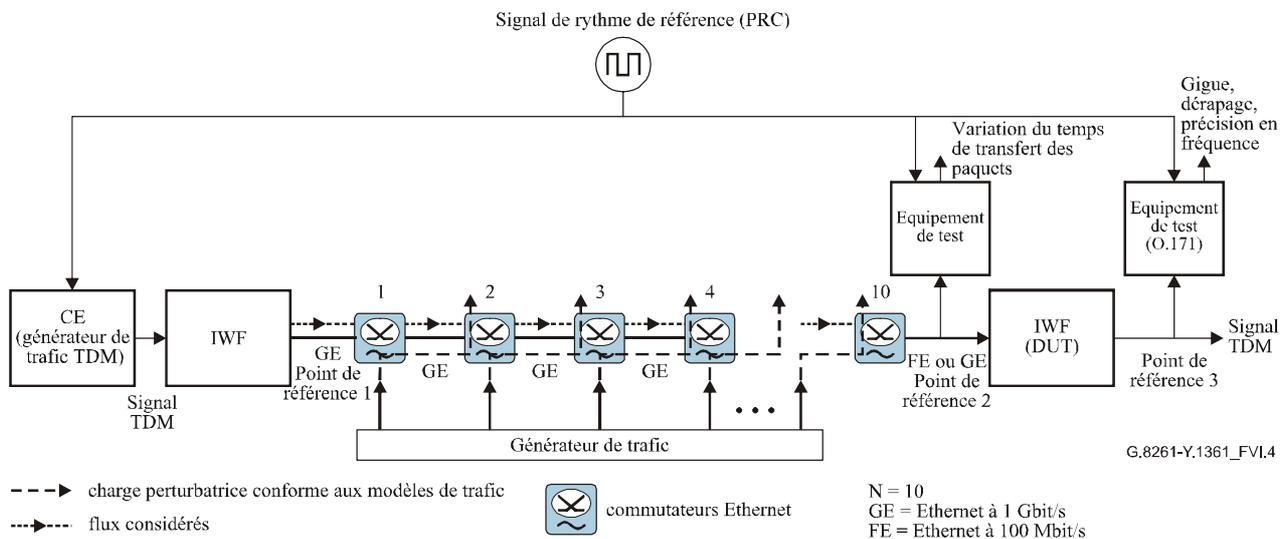
**Figure VI.3/G.8261/Y.1361 – Topologie du test de base**

Le test de base doit être réalisé dans les conditions suivantes:

- pas de charge de paquets;
- mesures à effectuer:
  - mesure des erreurs TIE, MTIE et MRTIE (comme décrit dans les Recommandations UIT-T G.823 et G.824);
  - mesure de la précision en fréquence (la valeur de la durée d'intégration pour cette mesure dépend de l'équipement d'extrémité considéré);
  - les limites dans le réseau définies au § 7 doivent être respectées.

## VI.2.2 Test de performance

La topologie du test de performance est équivalente au modèle A de l'Appendice V, avec soit 10 commutateurs Ethernet gigabit soit 9 commutateurs Ethernet gigabit et 1 commutateur Ethernet rapide. Elle est représentée sur la Figure VI.4.



NOTE – Le signal de rythme de référence (PRC) est utilisé pour représenter l'horloge de service TDM.

**Figure VI.4/G.8261/Y.1361 – Topologie du test de performance**

Il faut vérifier la stabilité de fonctionnement du dispositif DUT en présence d'événements perturbateurs susceptibles d'entraîner une désynchronisation ou une synchronisation en dehors des spécifications. Les tests élémentaires 1 à 6 permettent de tester le dispositif DUT en présence d'une variation de charge, de modifications du réseau et de pertes de paquets.

Pour chacun des tests élémentaires décrits aux § VI.2.2.2 à VI.2.2.7, il convient d'effectuer les mesures suivantes:

- mesure des erreurs TIE, MTIE et MRTIE (comme décrit dans les Recommandations UIT-T G.823 et UIT-T G.824);
- mesure de la précision en fréquence (la valeur de la durée d'intégration pour cette mesure dépend de l'équipement d'extrémité considéré);
- mesure de la variation du temps de transfert des paquets.

Les limites dans le réseau définies au § 7 doivent être respectées.

NOTE – Le montage décrit sur la Figure VI.4 constitue le point de départ vers un scénario de test commun.

Toutefois, afin d'obtenir un environnement de test plus simple à implémenter et de supprimer le risque d'obtenir des résultats différents en cas d'utilisation de commutateurs Ethernet de différentes technologies, une proposition est actuellement examinée: elle vise à remplacer la spécification définie sur la Figure VI.4 par un nouveau montage dans lequel, à la place des commutateurs Ethernet et du générateur de trafic, la variation du temps de transfert serait créée par un équipement de test ayant en entrée un profil de variation du temps de transfert.

Ce profil pourrait être exprimé sous la forme de "vecteurs de test" de variation du temps de transfert (séquence de test) d'une durée de 15 min, 60 min ou 24 heures. La variation du temps de transfert doit être exprimée avec la résolution de rythme appropriée.

Les séquences de test seraient fondées sur les résultats des tests effectués au moyen de la topologie de test décrite sur la Figure VI.4.

### **VI.2.2.1 Caractéristiques du trafic d'entrée**

Afin de tenir compte de différents types de trafic dans le réseau, deux types de modèles de trafic perturbateur sont définis (voir les § VI.2.2.1.1 et VI.2.2.1.2).

Le modèle 1 de trafic de réseau vise à modéliser le trafic dans le réseau d'accès, où le trafic est en majorité du trafic vocal. Le modèle 2 de trafic de réseau vise à modéliser le trafic dans les réseaux où le trafic est en majorité un trafic de données.

Il convient de noter que le trafic CES s'ajoute au trafic perturbateur.

#### **VI.2.2.1.1 Modèle 1 de trafic de réseau**

D'après le 3GPP, le trafic d'accès est composé d'un trafic conversationnel (téléphonie), d'un trafic de transmission en continu (audio-vidéo), d'un trafic interactif (par exemple http) et d'un trafic d'arrière-plan (sms, courrier électronique). Dans les réseaux hertziens, on sait que le trafic est constitué à 80 à 90% de trafic conversationnel, un appel durant en moyenne de 1 à 2 minutes. Pour pouvoir modéliser ce trafic, 80% des paquets doivent être des paquets à débit constant de taille petite et fixe, les 20% restant étant des paquets de taille moyenne à maximale.

Le profil de taille des paquets est le suivant:

- 80% de la charge doit correspondre à des paquets de taille minimale (64 octets);
- 15% de la charge doit correspondre à des paquets de taille maximale (1518 octets);
- 5% de la charge doit correspondre à des paquets de taille moyenne (576 octets).

Les paquets de taille maximale seront acheminés par rafales d'une durée comprise entre 0,1 s et 3 s.

#### **VI.2.2.1.2 Modèle 2 de trafic de réseau**

Dans ce modèle, le réseau achemine des paquets de taille plus grande que dans le modèle 1 de trafic de réseau et le trafic de données est plus important. Pour pouvoir modéliser ce trafic, 60% des paquets doivent être de taille maximale, les 40% restant étant des paquets de taille minimale à moyenne.

Le profil de taille des paquets est le suivant:

- 60% de la charge doit correspondre à des paquets de taille maximale (1518 octets);
- 30% de la charge doit correspondre à des paquets de taille minimale (64 octets);
- 10% de la charge doit correspondre à des paquets de taille moyenne (576 octets).

Les paquets de taille maximale seront transmis par rafales d'une durée comprise entre 0,1 s et 3 s.

### **VI.2.2.2 Test élémentaire 1**

Dans le test élémentaire 1, on modélise une charge de paquets "statique". Les conditions de réseau doivent être les suivantes:

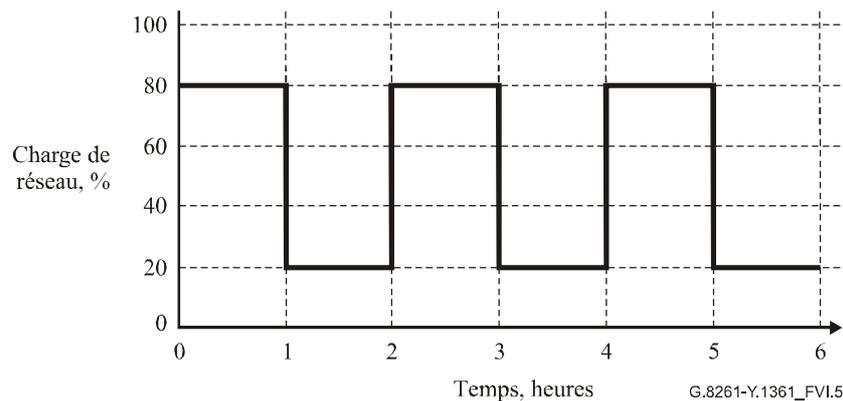
- charge perturbatrice de réseau de 80% pendant 1 heure dans l'hypothèse où la récupération d'horloge est dans une situation stable. Prévoir une période de stabilisation conformément à l'Appendice II pour permettre une stabilisation du processus de récupération d'horloge avant la réalisation des mesures. Les paquets à utiliser comme charge du réseau doivent être conformes au modèle 2 de trafic de réseau défini au § VI.2.2.1.2.

### **VI.2.2.3 Test élémentaire 2**

Dans le test élémentaire 2, on modélise des variations de la charge de réseau soudaines, importantes et persistantes. Ce test permet de démontrer la stabilité en cas de changement soudain et important des conditions de réseau et d'indiquer les caractéristiques de dérapage en présence de variation du temps de transfert des paquets à faible fréquence.

Les conditions de réseau doivent être les suivantes:

- les paquets à utiliser comme charge du réseau doivent être conformes au modèle 1 de trafic de réseau défini au § VI.2.2.1.1;
- prévoir une période de stabilisation conformément à l'Appendice II pour permettre une stabilisation du processus de récupération d'horloge avant la réalisation des mesures;
- commencer avec une charge perturbatrice de réseau de 80% pendant une heure, poursuivre avec une charge de 20% pendant une heure, revenir à 80% pendant une heure, puis 20% pendant une heure, puis à nouveau 80% pendant une heure et 20% pendant une heure (voir la Figure VI.5).



**Figure VI.5/G.8261/Y.1361 – Modulation soudaine de la charge perturbatrice de réseau**

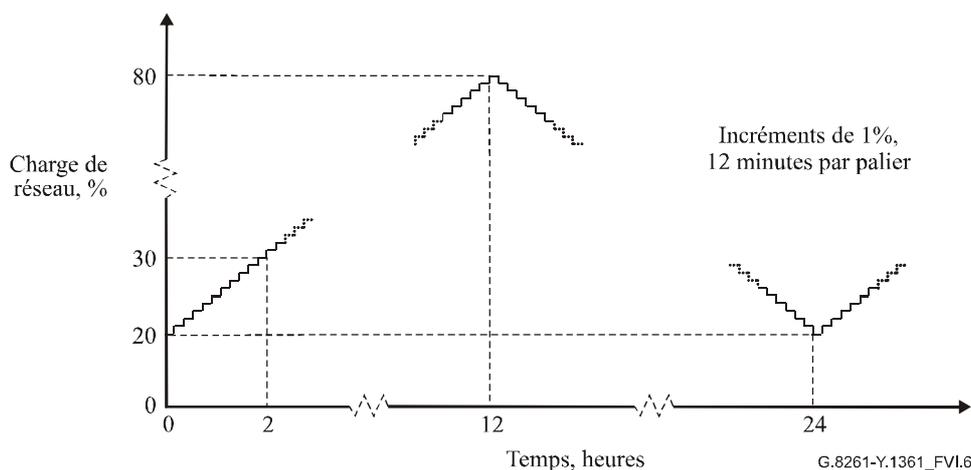
- Répéter le test en utilisant le modèle 2 de trafic de réseau défini au § VI.2.2.1.2 pour la charge du réseau.

#### VI.2.2.4 Test élémentaire 3

Dans le test élémentaire 3, on modélise la variation lente de la charge de réseau sur une échelle de temps extrêmement longue. Ce test permet de démontrer la stabilité en cas de changement très lent des conditions de réseau et d'indiquer les caractéristiques de dérapage en présence de variation du temps de transfert des paquets à très faible fréquence.

Les conditions de réseau doivent être les suivantes:

- les paquets à utiliser comme charge du réseau doivent être conformes au modèle 1 de trafic de réseau défini au § VI.2.2.1.1;
- prévoir une période de stabilisation conformément à l'Appendice II pour permettre une stabilisation du processus de récupération d'horloge avant la réalisation des mesures;
- faire varier progressivement la charge perturbatrice de réseau de 20% à 80% puis de 80% à 20% sur une période de 24 heures (voir la Figure VI.6).



**Figure VI.6/G.8261/Y.1361 – Modulation lente de la charge de réseau**

- Répéter le test en utilisant le modèle 2 de trafic de réseau défini au § VI.2.2.1.2 pour la charge du réseau.

#### **VI.2.2.5 Test élémentaire 4**

Dans le test élémentaire 4, on modélise des interruptions temporaires du réseau, de durée variable. Ce test démontre la capacité de rétablissement du réseau après une interruption. Il convient de noter que l'erreur MTIE pour l'interruption de 1000 s dépendra dans une large mesure de la qualité de l'oscillateur local et ne devrait pas être considérée comme représentative de la qualité du processus de récupération d'horloge.

Les conditions de réseau doivent être les suivantes:

- les paquets à utiliser comme charge du réseau doivent être conformes au modèle 1 de trafic de réseau défini au § VI.2.2.1.1;
- commencer avec 40% de charge perturbatrice de réseau. Après une période de stabilisation conforme à l'Appendice II, supprimer la connexion de réseau pendant 10 s, puis la rétablir. Prévoir une période de stabilisation conformément à l'Appendice II pour permettre une stabilisation du processus de récupération d'horloge. Répéter le test avec des interruptions de réseau de 100 s;
- répéter le test en utilisant le modèle 2 de trafic de réseau défini au § VI.2.2.1.2 pour la charge du réseau.

#### **VI.2.2.6 Test élémentaire 5**

Dans le test élémentaire 5, on modélise un encombrement de réseau temporaire, de durée variable. Ce test permet de démontrer la capacité du réseau paquets à surmonter un encombrement temporaire.

Les conditions de réseau doivent être les suivantes:

- les paquets à utiliser comme charge du réseau doivent être conformes au modèle 1 de trafic de réseau défini au § VI.2.2.1.1;
- commencer avec 40% de charge perturbatrice de réseau. Après une période de stabilisation conforme à l'Appendice II, augmenter cette charge à 100% (entraînant des temps de transfert et une perte de paquets considérables) pendant 10 s, puis supprimer cet encombrement. Prévoir une période de stabilisation conformément à l'Appendice II pour permettre une stabilisation du processus de récupération d'horloge. Répéter le test avec une période d'encombrement de 100 s;

- répéter le test en utilisant le modèle 2 de trafic de réseau défini au § VI.2.2.1.2 pour la charge du réseau.

### **VI.2.2.7 Test élémentaire 6**

Dans le test élémentaire 6, on modélise des changements de routage.

Les conditions de réseau doivent être les suivantes:

- changer le nombre de commutateurs entre les dispositifs DUT, entraînant une variation échelon du temps de transfert dans le réseau paquets.
  - Les paquets à utiliser comme charge du réseau doivent être conformes au modèle 1 de trafic de réseau défini au § VI.2.2.1.1.
  - Commencer avec 40% de charge perturbatrice de réseau. Après une période de stabilisation conforme à l'Appendice II, changer le routage dans le réseau en contournant un commutateur. Prévoir une période de stabilisation conformément à l'Appendice II pour permettre une stabilisation du processus de récupération d'horloge puis rétablir le routage initial.
  - Commencer avec 40% de charge perturbatrice de réseau. Après une période de stabilisation conforme à l'Appendice II, changer le routage dans le réseau en contournant cinq commutateurs. Prévoir une période de stabilisation conformément à l'Appendice II pour permettre une stabilisation du processus de récupération d'horloge puis rétablir le routage initial.
- Répéter le test en utilisant le modèle 2 de trafic de réseau défini au § VI.2.2.1.2 pour la charge du réseau.

## Appendice VII

### Limites de dérapage dans la configuration de mise en place 1

#### VII.1 Limites pour l'interface à 2048 kbit/s

Le Tableau 1 a été calculé compte tenu des considérations suivantes fondées sur l'Annexe A/G.823.

Le bilan de dérapage peut être subdivisé en 3 composantes principales:

- dérapage diurne;
- mappage asynchrone à 2048 kbit/s;
- dérapage causé par les transitoires et le bruit d'horloge.

#### Dérapage diurne

Il n'y a pas de raison de le modifier et son amplitude est faible, 1  $\mu$ s.

#### Mappage asynchrone à 2048 kbit/s

On a utilisé une loi quadratique pour calculer l'accumulation des 2UI par îlot, de sorte que l'accumulation pour 3 îlots sera de  $\sqrt{3} * 2UI$ , à savoir 1,7  $\mu$ s, au lieu des 2  $\mu$ s dans le modèle de réseau initial.

#### Dérapage causé par les transitoires et le bruit d'horloge

Conformément au § I.1.5/G.823, le processus d'accumulation peut être différent suivant l'amplitude du décalage de fréquence, entraînant des effets corrélés ou non corrélés. Il a été convenu que l'accumulation de bruit suit une loi quadratique. Autrement dit, chacun des quatre îlots est responsable d'une moitié du bilan de dérapage, comme indiqué actuellement dans cette Recommandation. Dans le nouveau modèle de réseau, les trois îlots SDH sont responsables de  $\sqrt{3}$  fois le bilan d'un îlot SDH conformément à la loi quadratique d'accumulation.

Le dérapage total attribué par la Rec. UIT-T G.823 est de 15  $\mu$ s, les résultats de simulations faisant état d'une valeur de 12,6  $\mu$ s.

La loi d'accumulation entre SDH et CES est différente de celle qui est applicable entre îlots SDH.

Le bruit produit dans un îlot SDH correspond aux événements liés aux pointeurs VC-12, qui sont peu fréquents, au moins avec un décalage de fréquence compris entre  $10^{-9}$  et  $10^{-10}$ , comme indiqué au § I.1.5/G.823; il en résulte que la probabilité est très faible pour que des événements liés aux pointeurs se produisent simultanément dans plusieurs îlots.

En ce qui concerne le bruit dans un îlot CES, il est très différent de celui qui est observé dans les îlots SDH. Ce bruit résulte de la variation du temps de transfert des paquets.

Comme il n'a pas été démontré que la loi quadratique d'accumulation s'applique entre les îlots CES et SDH, il est proposé que le nouveau modèle repose sur l'hypothèse d'une loi quadratique d'accumulation pour les 3 îlots SDH et d'une accumulation linéaire pour l'îlot CES.

Ainsi, le bilan de dérapage qui peut être attribué à l'îlot CES est le suivant:

$$18 - (1(\text{dérpage diurne}) + \sqrt{3} * 2UI(3 \text{ mappages VC-12}) + 12,6/2 * \sqrt{3}(3 \text{ îlots SDH})) = 4,3 \mu\text{s}.$$

Un dérapage de 4,3  $\mu$ s est alors attribué à l'îlot CES pendant une période de 24 heures et le gabarit de dérapage est réduit d'un facteur 4,3/18 (0,24) pour les autres plateaux déduits du Tableau 2/G.823.

## VII.2 Limites pour l'interface à 1544 kbit/s

Le modèle de référence de dérapage à 1544 kbit/s est spécifié dans la Rec. UIT-T G.824; il est constitué de huit îlots SDH. Les composantes du bilan de dérapage incluent la synchronisation des commutateurs, le mappage de DS1 à DS3, le mappage de DS1 à VC-11, le dérapage diurne (effets de la température sur les fibres), le bruit de synchronisation des éléments de réseau et le dérapage lié aux pointeurs aléatoires. Le bilan total de 18  $\mu$ s (sur 24 heures) permet un dérapage de 14,3  $\mu$ s entre commutateurs (voir la Figure A.1/G.824) et une subdivision a été opérée afin de tenir compte du remplacement d'un îlot SDH par un îlot CES. Dans la procédure suivie, on part de l'hypothèse que l'accumulation du dérapage dû au mappage, du bruit de synchronisation et du dérapage dû aux pointeurs est fondée sur une addition quadratique. Compte tenu de cette addition, la portion des 18  $\mu$ s (à savoir 12,7, voir le Tableau VII.1) disponible pour chacun des huit îlots est désormais de 4,5  $\mu$ s ( $12,7/\sqrt{8}$ ).

**Tableau VII.1/G.8261/Y.1361 – Valeurs attribuées aux composantes du bilan de dérapage à 1544 kbit/s**

Composante du bilan	Valeur attribuée	Portion disponible pour la subdivision
Synchronisation des commutateurs	3,7	
Mappage E11-E31	0,3	
Mappage de E11 à VC-11	2,6	2,6
Dérapage diurne (temps)	1,3	
Bruit de synchronisation des éléments de réseau/pointeurs	10,1	10,1
Total	18,0	12,7

Le dérapage résultant pour chaque îlot en termes d'erreur MTIE pour toutes les durées d'observation jusqu'à 24 heures est donné au Tableau 2. Ce tableau est fondé sur une réduction uniforme de la spécification d'interface figurant au Tableau 2/G.824. Il est à noter que ce tableau tient également compte des exigences de gigue due au mappage pour un seul îlot VC-11, 0,7 UIpp comme spécifié dans la Rec. UIT-T G.783 (voir le Tableau 15-3/G.783).

Dans les études concernant l'accumulation de dérapage qui ont été réalisées afin de déterminer les composantes de dérapage SDH, de nombreuses simulations ont été faites afin de vérifier que l'exigence de 18  $\mu$ s peut être respectée dans le modèle de référence SDH. D'autres simulations pourront être nécessaires lorsque les mappages et les modèles de réseau CES auront été spécifiés avec plus de détails. Les chiffres donnés pourront être révisés compte tenu des résultats de ces nouvelles simulations.

## Appendice VIII

### Messages d'état de synchronisation dans la couche physique Ethernet synchrone

NOTE – En ce qui concerne le texte qui suit, on attend l'attribution officielle d'un identificateur OUI de la part de l'IEEE. Une fois que l'attribution aura été faite, le présent appendice deviendra une annexe.

#### VIII.1 Exploitation et maintenance concernant la synchronisation

La fonctionnalité OAM est obtenue au moyen d'unités de données protocolaires OAM (OAMPDU, *OAM protocol data unit*) qui sont identifiées par des champs d'en-tête spécifiques dans la trame Ethernet.

Les unités OAMPDU sont des trames MAC Ethernet standards mais qui sont ensuite identifiées comme étant des trames de protocole lent au moyen des champs de longueur/type (valeur 8809) puis comme étant des unités OAMPDU au moyen du champ de sous-type (valeur 0x03). Un champ de code sert à spécifier le type d'unité OAMPDU auquel la trame appartient. Ce champ a huit valeurs possibles. Une valeur particulière (FE) est réservée pour l'extension propre à l'organisation. Cette extension figure dans les trois premiers octets du champ de données et sera constituée des valeurs XX, YY, ZZ (ces valeurs doivent être définies par l'IEEE), en laissant 39 octets au minimum pour les données d'utilisateur OAM. La partie relative au champ de code, à l'extension propre à l'organisation et aux données d'utilisateur est donnée sur la Figure VIII.1 et illustrée sur la Figure VIII.2.

#### Description des champs

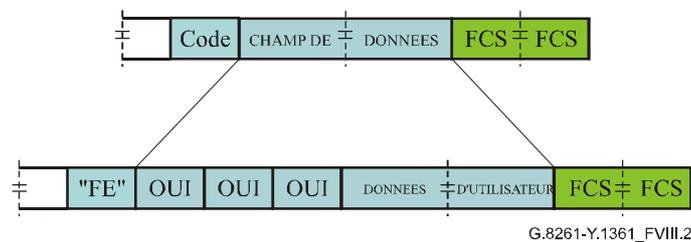
Fonction	Taille	Notes
Adresse de destination	6 octets	
Adresse d'origine	6 octets	
Longueur/type OAMPDU	2 octets	Valeur du champ de type de protocole lent 8809
Sous-type OAMPDU	1 octet	Identification du protocole lent encapsulé pour les unités OAMPDU = 0x03
Fanions	2 octets	
Code	1 octet	Identifie un type particulier d'unité OAMPDU (FE)
Fonctionnalité de synchronisation, à savoir données d'utilisateur [OUI et fonction de synchronisation]	42 octets	NOTE – Les 3 premiers octets des données d'utilisateur incluent l'identificateur OUI
Séquence de contrôle de trame (FCS)	4 octets	

8	7	6	5	4	3	2	1	Octets
Adresse de destination								1-6
Adresse d'origine								7-12
Longueur/type OAMPDU								13-14
Sous-type OAMPDU								15
Fanions								16-17
Code								18
OUI								19-21
SSM (voir Note 1)								22
Réservé (voir Note 2)								23-60
Séquence de contrôle de trame (FCS)								61-64

NOTE 1 – La totalité de l'octet est réservée pour les messages SSM. Voir la Figure VIII.3 et la Figure VIII.4 pour plus de détails.

NOTE 2 – Ce tableau spécifie que la longueur de trame minimale requise est de 64 octets pour que les trames 802.3 soient valables. Au moins 39 octets de données de remplissage de nature non définie sont utilisés pour pouvoir atteindre cette longueur minimale. La longueur maximale du champ de fonctionnalité de synchronisation doit faire l'objet d'un complément d'étude.

**Figure VIII.1/G.8261/Y.1361 – Encapsulation de la section de champ de données d'unité OAMPDU**



**Figure VIII.2/G.8261/Y.1361 – Présentation générale de la section de champ de données d'unité OAMPDU**

Le format, la fonction et la structure de la partie restante de l'unité OAMPDU sont donnés dans le paragraphe qui suit.

Toutefois, la longueur effective du champ de données – jusqu'à la longueur maximale spécifiée par l'IEEE – avant la séquence de contrôle de trame (FCS, *frame check sequence*) doit faire l'objet d'un complément d'étude.

## VIII.2 Messages d'état de synchronisation

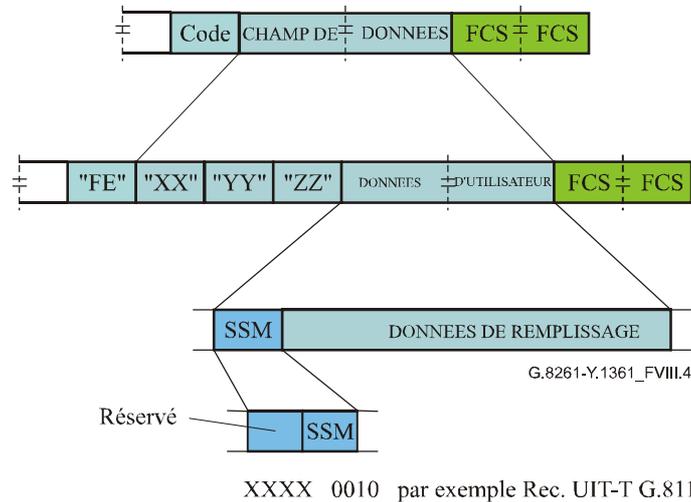
Les messages d'état de synchronisation (SSM, *synchronisation status messaging*) offrent aux commutateurs Ethernet aval un mécanisme permettant de remonter à l'horloge PRC ou à l'horloge de qualité la meilleure qui est disponible sur laquelle repose le système de distribution de la synchronisation. La fonction de synchronisation traite les messages SSM. En cas de défaillance du réseau en amont, la fonction de synchronisation prend la mesure qui s'impose sur la base des messages SSM et des priorités préétablies et choisit une autre source de synchronisation. Il peut s'agir d'une autre source dans le réseau ou d'une source extérieure.

Les messages SSM sont définis dans les Recommandations UIT-T G.707/Y.1322 et G.781 [B15]. Les lignes directrices applicables à l'utilisation des messages SSM dans les réseaux Ethernet doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

La présentation générale de la section SSM du champ des données d'utilisateur est donnée sur la Figure VIII.3 et illustrée sur la Figure VIII.4. Le premier octet du champ des données d'utilisateur est réservé aux messages SSM, la moitié de plus faible poids de cet octet contenant le message SSM, la moitié de plus fort poids étant non utilisée mais réservée pour la capacité SSM.

Message d'état de synchronisation (SSM)		Description
Bits 8-5	Bits 4-1	
Réservés pour une utilisation future	Etat SSM existant tel qu'il figure dans les Recommandations UIT-T G.707/Y.1322 et G.781	Etat SSM existant tel qu'il figure dans les Recommandations UIT-T G.707/Y.1322 et G.781

**Figure VIII.3/G.8261/Y.1361 – Format du message d'état de synchronisation**



**Figure VIII.4/G.8261/Y.1361 – Message d'état de synchronisation d'unité OAMPDU**

L'espace restant dans le champ des données d'utilisateur contient des données de remplissage.

### VIII.3 Nouveaux équipements Ethernet

Les nouveaux équipements Ethernet qui nécessitent une fonctionnalité de transport de la synchronisation doivent prendre en charge la norme 802.3ah.

### VIII.4 Equipements Ethernet existants

Il n'est pas envisagé que l'Ethernet synchrone soit utilisé par les équipements existants étant donné que les modifications nécessaires pour le transport de la synchronisation ne seront pas implémentées dans ces équipements.

Les équipements non IEEE 802.3ah, c'est-à-dire les équipements Ethernet existants, ne reconnaîtront pas les trames OAMPDU, qui seront considérées comme des trames MAC Ethernet normales et transmises de façon transparente. Par conséquent, la fonction en question devrait être désactivée à certains ports de manière à ce qu'elle ne soit pas transmise à des réseaux ou à des nœuds non souhaités.

## BIBLIOGRAPHIE

- [B1] MEF 3, *Circuit Emulation Service Definitions, Framework and Requirements in Metro Ethernet Networks*.
- [B2] ETSI TR 101 685 (1999), *Transmission and multiplexing (TM); Timing and synchronization aspects of Asynchronous Transfer Mode (ATM) networks*.
- [B3] ETSI TS 145 010 (2005), *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Radio subsystem synchronization*.
- [B4] ETSI TS 125 104 (2006), *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Base Station (BS); radio transmission and reception (FDD)*.
- [B5] ETSI TS 125 105 (2006), *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS), Base Station (BS); radio transmission and reception (TDD)*.
- [B6] ETSI TS 125 402 (2006), *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Synchronization in UTRAN Stage 2*.
- [B7] 3GPP2 C.S0010-B, *Recommended Minimum Performance Standards for cdma2000 Spread Spectrum Base Stations*.
- [B8] 3GPP2 C.S0002-C, *Physical Layer Standard for cdma2000 Spread Spectrum Systems*.
- [B9] IETF RFC 2460 (1998), *Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification*.
- [B10] ETSI TS 100 594 (2002), *Digital cellular Telecommunications System (Phase 2+); Base Station Controller – Base Transceiver Station – (BSC-BTS) interface – Layer 1; Structure of physical circuits*.
- [B11] ETSI TS 125 431 (2006), *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); UTRAN Iub Interface Layer 1*.
- [B12] IETF RFC 3031 (2001), *Multiprotocol Label Switching Architecture*.
- [B13] IETF RFC 791 (1981), *Internet Protocol (IP)*.
- [B14] IEEE Standard 802.1p<sup>TM</sup>-2005, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Traffic Class Expediting and Dynamic Multicast Filtering*.
- [B15] Recommandation UIT-T G.781 (1999), *Fonctions des couches de synchronisation*.

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE Y

**INFRASTRUCTURE MONDIALE DE L'INFORMATION, PROTOCOLE INTERNET ET RÉSEAUX DE PROCHAINE GÉNÉRATION**

<b>INFRASTRUCTURE MONDIALE DE L'INFORMATION</b>	
Généralités	Y.100–Y.199
Services, applications et intergiciels	Y.200–Y.299
Aspects réseau	Y.300–Y.399
Interfaces et protocoles	Y.400–Y.499
Numérotage, adressage et dénomination	Y.500–Y.599
Gestion, exploitation et maintenance	Y.600–Y.699
Sécurité	Y.700–Y.799
Performances	Y.800–Y.899
<b>ASPECTS RELATIFS AU PROTOCOLE INTERNET</b>	
Généralités	Y.1000–Y.1099
Services et applications	Y.1100–Y.1199
Architecture, accès, capacités de réseau et gestion des ressources	Y.1200–Y.1299
<b>Transport</b>	<b>Y.1300–Y.1399</b>
Interfonctionnement	Y.1400–Y.1499
Qualité de service et performances de réseau	Y.1500–Y.1599
Signalisation	Y.1600–Y.1699
Gestion, exploitation et maintenance	Y.1700–Y.1799
Taxation	Y.1800–Y.1899
<b>RÉSEAUX DE PROCHAINE GÉNÉRATION</b>	
Cadre général et modèles architecturaux fonctionnels	Y.2000–Y.2099
Qualité de service et performances	Y.2100–Y.2199
Aspects relatifs aux services: capacités et architecture des services	Y.2200–Y.2249
Aspects relatifs aux services: interopérabilité des services et réseaux dans les réseaux de prochaine génération	Y.2250–Y.2299
Numérotage, nommage et adressage	Y.2300–Y.2399
Gestion de réseau	Y.2400–Y.2499
Architectures et protocoles de commande de réseau	Y.2500–Y.2599
Sécurité	Y.2700–Y.2799
Mobilité généralisée	Y.2800–Y.2899

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

## SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série D	Principes généraux de tarification
Série E	Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
Série F	Services de télécommunication non téléphoniques
<b>Série G</b>	<b>Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques</b>
Série H	Systèmes audiovisuels et multimédias
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Réseaux câblés et transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	Gestion des télécommunications y compris le RGT et maintenance des réseaux
Série N	Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle
Série O	Spécifications des appareils de mesure
Série P	Qualité de transmission téléphonique, installations téléphoniques et réseaux locaux
Série Q	Commutation et signalisation
Série R	Transmission télégraphique
Série S	Equipements terminaux de télégraphie
Série T	Terminaux des services télématiques
Série U	Commutation télégraphique
Série V	Communications de données sur le réseau téléphonique
Série X	Réseaux de données, communication entre systèmes ouverts et sécurité
<b>Série Y</b>	<b>Infrastructure mondiale de l'information, protocole Internet et réseaux de prochaine génération</b>
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication