

# UIT-T

# G.8265/Y.1365

SECTEUR DE LA NORMALISATION  
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
DE L'UIT

(10/2010)

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

Aspects relatifs aux protocoles en mode paquet sur  
couche Transport – Synchronisation, objectifs de qualité et  
de disponibilité

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

Aspects relatifs au protocole Internet – Transport

---

**Architecture et exigences pour la distribution de  
la fréquence en mode paquet**

Recommandation UIT-T G.8265/Y.1365

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 RADIODÉLÉPHONIE ET DE LA TÉLÉPHONIE SUR LIGNES	G.450–G.499
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION ET DES SYSTÈMES OPTIQUES	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 MULTIMÉDIA – 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>Synchronisation, 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.8265/Y.1365

## Architecture et exigences pour la distribution de la fréquence en mode paquet

### Résumé

La Recommandation UIT-T G.8265/Y.1365 décrit l'architecture et les exigences pour la distribution de la fréquence en mode paquet dans les réseaux de télécommunication. Le protocole de temps réseau (NTP) et la norme IEEE 1588-2008, qui sont présentés brièvement, sont des exemples de distribution de la fréquence en mode paquet. Les informations nécessaires pour utiliser la norme IEEE 1588-2008 de manière compatible avec l'architecture sont définies dans d'autres Recommandations

### Historique

Edition	Recommandation	Approbation	Commission d'études	ID unique*
1.0	ITU-T G.8265/Y.1365	2010-10-07	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/10910">11.1002/1000/10910</a>

---

\* Pour accéder à la Recommandation, reporter cet URL <http://handle.itu.int/> dans votre navigateur Web, suivi de l'identifiant unique, par exemple <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

## AVANT-PROPOS

L'Union internationale des télécommunications (UIT) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications et des technologies de l'information et de la communication (ICT). Le Secteur de la normalisation des télécommunications (UIT-T) 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 2017

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..... 1
3	Définitions ..... 1
3.1	Termes définis ailleurs ..... 1
4	Abréviations et acronymes ..... 2
5	Conventions ..... 2
6	Introduction générale à la distribution de fréquence en mode paquet ..... 2
6.1	Exigences pour la transmission du rythme par paquets..... 3
7	Architecture de la distribution de la fréquence par paquets ..... 3
7.1	Distribution de la fréquence par paquets ..... 4
7.2	Protection du rythme ..... 4
7.3	Subdivision des réseaux en mode paquet ..... 7
7.4	Technologies mixtes ..... 8
8	Protocoles utilisant des paquets pour la distribution de la fréquence ..... 8
8.1	Protocoles utilisant des paquets ..... 8
8.2	Description générale du protocole PTP [IEEE 1588]..... 8
8.3	Protocole NTP – Description générale ..... 9
9	Aspects relatifs à la sécurité ..... 10
	Appendice I – Bibliographie ..... 11



# Recommandation UIT-T G.8265/Y.1365

## Architecture et exigences pour la distribution de la fréquence en mode paquet

### 1 Domaine d'application

La présente Recommandation décrit l'architecture générale de la distribution de la fréquence à l'aide de méthodes fondées sur les paquets. Elle porte en particulier sur la distribution de la fréquence grâce à des méthodes comme le protocole NTP ou le protocole de précision temporelle (PTP) [IEEE 1588]. Les exigences et l'architecture constituent une base permettant de spécifier d'autres fonctionnalités nécessaires pour permettre la distribution de la fréquence en mode paquet dans un environnement exploitant. L'architecture décrite concerne le cas où l'interaction entre les protocoles se fait aux points d'extrémité du réseau uniquement, entre une horloge pilote en mode paquet et une horloge asservie en mode paquet. Les exigences détaillées pour d'autres architectures dans lesquelles des dispositifs interviennent entre l'horloge pilote et l'horloge asservie en mode paquet doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

### 2 Références

Les Recommandations UIT-T et autres références suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions de la présente Recommandation. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Les Recommandations et autres références étant sujettes à révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des Recommandations et autres références énumérées ci-dessous. Une liste des Recommandations UIT-T en vigueur est publiée périodiquement. 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.

- [UIT-T G.8260]      Recommandation UIT-T G.8260 (2010), *Termes et définitions relatifs à la synchronisation dans les réseaux en mode paquet.*
- [UIT-T G.8261]      Recommandation UIT-T G.8261/Y.1361 (2008), *Aspects de rythme et de synchronisation dans les réseaux par paquets.*
- [UIT-T G.8264]      Recommandation UIT-T G.8264 (2008), *Distribution du rythme dans les réseaux par paquets*, et Amendement 1 (2010).
- [IEEE 1588]        IEEE STD 1588-2008, *Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems.*
- [IETF RFC 5905]    IETF RFC 5905 (2010), *Network Time Protocol Version 4: Protocol And Algorithms Specification.*

### 3 Définitions

#### 3.1 Termes définis ailleurs

La présente Recommandation utilise les termes suivants définis ailleurs:

- 3.1.1 horloge pilote en mode paquet** [UIT-T G.8260].
- 3.1.2 horloge asservie en mode paquet** [UIT-T G.8260].
- 3.1.3 signal de rythme en mode paquet** [UIT-T G8260].

## 4 Abréviations et acronymes

La présente Recommandation utilise les abréviations et acronymes suivants:

CDMA	accès multiple par répartition en code ( <i>code division multiple access</i> )
DSL	ligne d'abonné numérique ( <i>digital subscriber line</i> )
EEC	horloge d'équipement Ethernet ( <i>ethernet equipment clock</i> )
GM	pilote ( <i>grand master</i> )
GNSS	système mondial de navigation par satellite ( <i>global navigation satellite system</i> )
LSP	trajet avec commutation par étiquette ( <i>label switched path</i> )
LTE	évolution à long terme ( <i>long term evolution</i> )
MINPOLL	intervalle d'interrogation minimal ( <i>minimum poll interval</i> )
NTP	protocole de temps réseau ( <i>network time protocol</i> )
PDV	variation du temps de transfert des paquets ( <i>packet delay variation</i> )
PON	réseau optique passif ( <i>passive optical network</i> )
PRC	horloge primaire de référence ( <i>primary reference clock</i> )
PTP	protocole de précision temporelle ( <i>precision time protocol</i> )
QL	niveau de qualité ( <i>quality level</i> )
RTP	protocole en temps réel ( <i>real time protocol</i> )
SDH	hiérarchie numérique synchrone ( <i>synchronous digital hierarchy</i> )
SEC	horloge d'équipement SDH ( <i>sdh equipment clock</i> )
SSM	message d'état de synchronisation ( <i>synchronization status message</i> )
TDM	multiplexage par répartition dans le temps ( <i>time division multiplexing</i> )
VLAN	réseau local virtuel ( <i>virtual local area network</i> )
WIMAX	interopérabilité mondiale pour l'accès hyperfréquence ( <i>worldwide interoperability for microwave access</i> )

## 5 Conventions

Dans la présente Recommandation, le sigle PTP désigne la version 2 du protocole PTP définie dans [IEEE 1588]. Le sigle NTP désigne le protocole de temps réseau défini dans [IETF RFC 5905].

## 6 Introduction générale à la distribution de fréquence en mode paquet

Les réseaux de télécommunication modernes reposent sur une distribution précise de la fréquence afin d'optimiser la transmission et l'interconnexion TDM. A l'inverse, les réseaux et les services par paquets, sont associés à une importante mise en mémoire tampon en raison de leur nature même et de ce fait, n'ont pas besoin d'une synchronisation exacte pour pouvoir fonctionner. On peut penser qu'avec le passage à des réseaux en mode paquet convergents en surface, la distribution de fréquence ne sera plus nécessaire puisque les technologies utilisant des paquets seront de plus en plus courantes dans le réseau.

Cette affirmation sera peut-être exacte pour certains services (par exemple pour l'Internet), mais les mécanismes de transport sous-jacents qui fournissent ces services indépendants du rythme pourront nécessiter des exigences de rythme très strictes, qui devront impérativement être respectées dans le nouveau modèle de réseau convergent. Par exemple, dans certains cas, la prise en charge de services d'émulation de circuits sur une infrastructure par paquets exige la présence d'une référence de fréquence stable pour permettre la fourniture du service. De même, dans le cas des technologies d'accès hertzien (par exemple, GSM, LTE, WIMAX, CDMA, etc.), l'interface radioélectrique est associée à des exigences de synchronisation strictes qui doivent être respectées, même si l'on peut avoir l'impression que le rythme n'est pas requis pour le service d'utilisateur final (par exemple, Internet mobile).

Afin de permettre la distribution du rythme dans les réseaux en mode paquet, l'UIT-T a élaboré une spécification applicable à l'Ethernet synchrone [UIT-T G.8262], [b-UIT-T G.8262], [UIT-T G.8264] pour la distribution de la fréquence dans la couche physique, qui est analogue à ce qui est assuré par la hiérarchie SDH. La présente Recommandation décrit l'utilisation des mécanismes fondés sur les paquets conçus pour transporter la fréquence dans un réseau en mode paquet en l'absence de transmission en rythme dans la couche physique.

## **6.1 Exigences pour la transmission du rythme par paquets**

Les mécanismes de distribution de la fréquence fondés sur les paquets doivent respecter les exigences suivantes :

- 1) Les mécanismes doivent être spécifiés pour permettre l'interopérabilité entre le dispositif pilote et le dispositif asservi (horloges).
- 2) Les mécanismes doivent permettre un fonctionnement cohérent sur les réseaux de télécommunication étendus gérés.
- 3) Les mécanismes en mode paquet doivent permettre l'interfonctionnement avec les réseaux de synchronisation de la fréquence SDH et Ethernet synchrone existants.
- 4) Les mécanismes en mode paquet doivent permettre de concevoir et de configurer le réseau de synchronisation selon un agencement fixe.
- 5) Les mécanismes de protection utilisés par les systèmes en mode paquet doivent reposer sur la pratique opérationnelle type dans le domaine des télécommunications et permettre aux horloges asservies d'obtenir le rythme auprès de multiples horloges pilotes séparées géographiquement.
- 6) La sélection de la source (horloge) devrait se faire conformément aux pratiques existantes pour la synchronisation dans la couche physique et permettre la sélection de la source selon le niveau de qualité et la priorité reçus.
- 7) Les mécanismes en mode paquet doivent permettre le fonctionnement des techniques de sécurité normalisées existantes pour aider à garantir l'intégrité de la synchronisation.

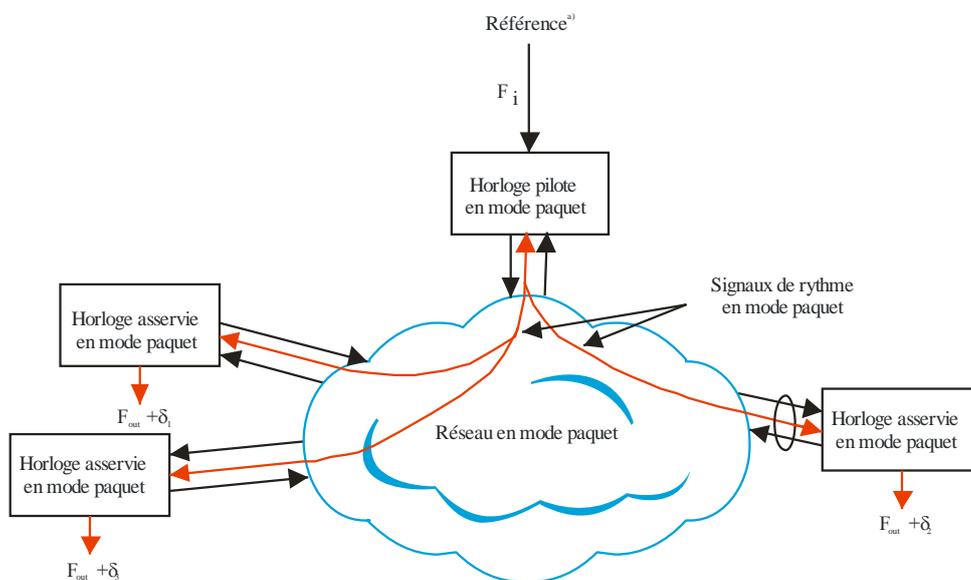
## **7 Architecture de la distribution de la fréquence par paquets**

Contrairement à la synchronisation dans la couche physique, où les fronts significatifs d'un signal de données définissent le contenu de rythme du signal, les méthodes fondées sur les paquets reposent sur la transmission de "paquets événement" dédiés. Ces "paquets événement" constituent les instances significatives d'un signal de rythme en mode paquet. Le rythme de ces instances significatives est mesuré de manière précise par rapport à une source de temps pilote et l'information de rythme correspondante est codée sous la forme d'une horodate, qui est une représentation lisible par une

machine d'une instance de temps donnée<sup>1</sup>. L'horodate est générée au niveau d'une fonction de l'horloge pilote en mode paquet et acheminée sur un réseau en mode paquet vers une horloge asservie en mode paquet. Dans la mesure où l'heure est l'intégral de la fréquence, les horodates peuvent être utilisées pour déduire la fréquence.

## 7.1 Distribution de la fréquence par paquets

Les trois principaux composants sont l'horloge pilote en mode paquet, l'horloge asservie en mode paquet et le réseau en mode paquet. L'horloge pilote en mode paquet génère un signal de rythme en mode paquet, qui est transporté sur le réseau en mode paquet, afin que l'horloge asservie en mode paquet puisse générer une fréquence d'horloge rattachable au signal de rythme d'entrée disponible au niveau de l'horloge pilote en mode paquet. Un signal de rythme rattaché à une horloge PRC est soumis à l'horloge pilote en mode paquet. L'horloge produite au niveau de l'horloge asservie en mode paquet représente l'horloge rattachable à l'horloge PRC avec une certaine dégradation ( $\delta$ ) due au réseau en mode paquet. La topologie d'architecture générale est présentée dans la Figure 1. Le flux de synchronisation va de l'horloge pilote à l'horloge asservie. Lorsque la référence à l'horloge pilote est fournie sur un réseau de diffusion de la synchronisation, une dégradation supplémentaire du signal de la fréquence peut être présente au niveau de l'entrée de l'horloge pilote et, partant, également au niveau de la sortie de l'horloge asservie.



<sup>1)</sup> La référence peut provenir directement d'une horloge PRC ou d'un système GNSS ou passer par un réseau de synchronisation.

G.8265/Y.1365(10)\_F01

**Figure 1 – Architecture générale de rythme pour un réseau en mode paquet**

## 7.2 Protection du rythme

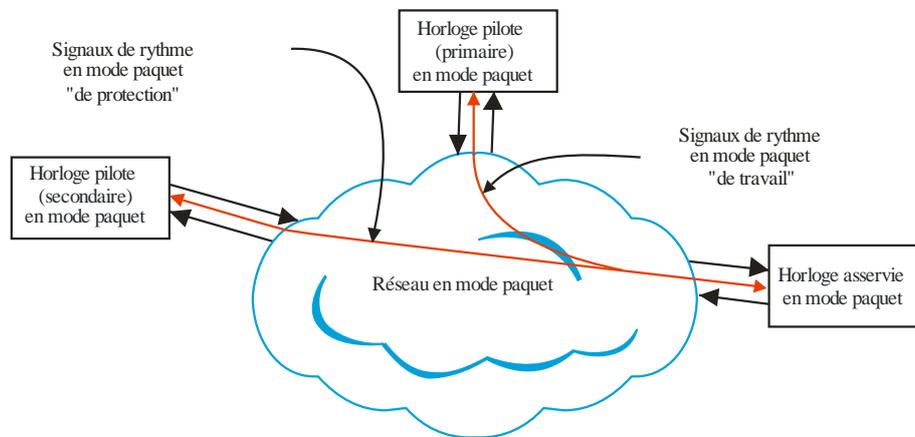
### 7.2.1 Protection de l'horloge pilote en mode paquet

Dans les réseaux de synchronisation traditionnels, on renforce la disponibilité du rythme en utilisant une protection du rythme grâce à laquelle le rythme peut être transmis à une horloge asservie (par exemple horloge SEC ou EEC) via un ou plusieurs trajets différents dans le réseau. Dans le cas

<sup>1</sup> Dans certains cas, la fréquence peut être déduite du rythme d'arrivée des paquets entrants qui ne contiennent pas d'horodate, mais qui sont générés à intervalles précis. Etant donné que la présente Recommandation porte sur l'utilisation de protocoles fondés sur le temps, les méthodes utilisant le rythme d'arrivée des paquets pour déduire la fréquence ne relèvent pas de la présente Recommandation.

d'une architecture de transmission du rythme par paquets, les horloges asservies peuvent être rattachées à deux horloges pilotes ou plus, comme le montre la Figure 2.

Contrairement à la transmission du rythme dans la couche physique, où la sélection de l'horloge se fait au niveau de l'horloge asservie, la sélection d'une horloge pilote secondaire peut nécessiter une communication et une négociation entre l'horloge pilote et l'horloge asservie, et entre l'horloge pilote secondaire et l'horloge asservie.



G.8265/Y.1365(10)\_F02

**Figure 2 – Protection du rythme (fréquence) dans un réseau en mode paquet**

## 7.2.2 Fonctions de sélection horloge pilote/horloge asservie en mode paquet

Les paragraphes ci-après décrivent les fonctions requises pour prendre en charge la sélection de référence en mode paquet.

### 7.2.2.1 Fonction d'exclusion – verrouillage temporaire de l'horloge pilote

Pour protéger l'architecture en aval, il doit être possible, dans les horloges asservies, d'exclure temporairement une horloge pilote figurant dans une liste d'horloges pilotes possibles (fonctionnalité de verrouillage).

### 7.2.2.2 Fonction temps d'attente avant rétablissement de l'horloge asservie

Pour protéger l'architecture en aval, un temps d'attente avant rétablissement doit être mis en oeuvre dans l'horloge asservie. Si une horloge pilote connaît une défaillance ou est inaccessible, l'horloge asservie basculera vers une horloge pilote de secours. Toutefois, une fois l'horloge pilote primaire rétablie, l'horloge asservie attendra que le temps d'attente avant rétablissement soit écoulé avant de rebasculer vers l'horloge pilote primaire.

### 7.2.2.3 Fonction mode irréversible de l'horloge asservie

Pour protéger l'architecture en aval, une fonction mode irréversible peut être mise en oeuvre pour l'empêcher de "rebondir" d'une horloge pilote à l'autre.

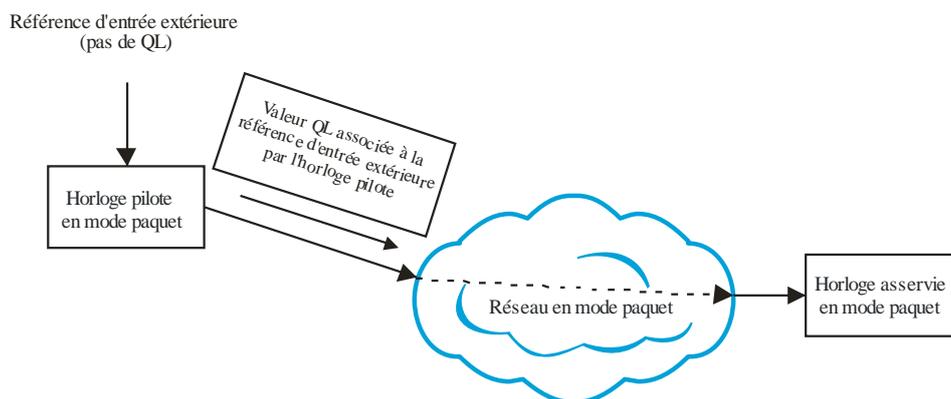
Ainsi, en cas de défaillance ou d'inaccessibilité de l'horloge pilote, l'horloge asservie basculera vers une horloge pilote de secours, mais elle ne rebasculera pas vers l'horloge pilote primaire si le mode irréversible est mis en oeuvre et activé.

### 7.2.2.4 Fonction traçabilité forcée de l'horloge pilote

Il doit être possible de forcer la valeur de traçabilité QL à l'entrée de l'horloge pilote en mode paquet.

Les mises en oeuvre de réseau et les scénarios utilisant cette fonctionnalité devront être définis par l'opérateur au cas par cas et dépendront de l'architecture utilisée par celui-ci.

Cette fonction est décrite dans la Figure 3.



G.8265/Y.1365(10)\_F03

**Figure 3 – Exemple de cas d'utilisation dans lequel il est nécessaire de forcer la valeur QL à l'entrée de l'horloge pilote PTPv2**

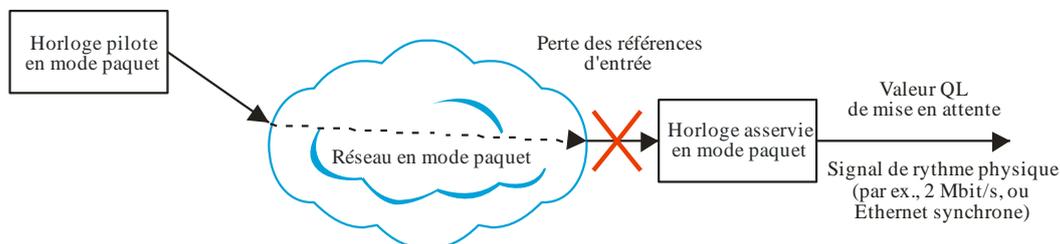
#### 7.2.2.5 Fonction de mise en attente du niveau de qualité dans l'horloge asservi en mode paquet

Lorsque la qualité de fonctionnement en mode maintien de l'horloge asservi en mode paquet est suffisante, il doit être possible de retarder la transmission de la valeur QL au niveau de la sortie l'horloge asservi, ce qui permettra à l'opérateur de limiter la commutation en aval de l'architecture dans certaines mises en oeuvre de réseau lorsque le rattachement à l'horloge pilote en mode paquet n'est plus possible.

NOTE – La mise en attente QL dépend pour beaucoup de la qualité de l'horloge mise en oeuvre dans l'horloge asservi et doit faire l'objet d'un complément d'étude.

Ces mises en oeuvre de réseau et scénarios devront être définis par l'opérateur au cas par cas.

Cette fonction est décrite dans la Figure 4.



G.8265/Y.1365(10)\_F04

**Figure 4 – Exemple de cas d'utilisation avec mise en attente de la valeur QL au niveau de la sortie de l'horloge asservi en mode paquet**

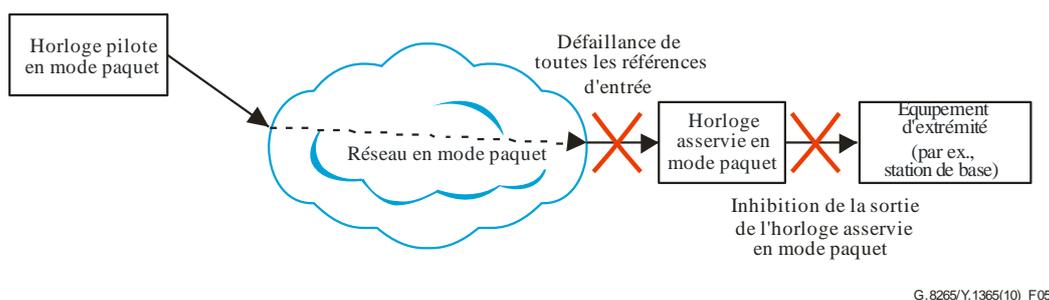
#### 7.2.2.6 Fonction d'inhibition en sortie d'horloge asservi

Dans le cas où l'horloge asservi en mode paquet fournit une interface externe de synchronisation en sortie (par exemple, 2 MHz), une fonction d'inhibition peut être mise en oeuvre afin de protéger l'architecture en aval et certaines applications d'extrémité.

Cette fonction est utilisée dans certaines conditions de défaillance du signal de transmission du rythme par paquets en amont entre l'horloge pilote en mode paquet et l'horloge asservie en mode paquet.

Ces mises en oeuvre de réseau et scénarios devront être définis par l'opérateur au cas par cas. Par exemple, cette fonction peut être appliquée dans le cas d'une horloge asservie en mode paquet située à l'extérieur de l'équipement d'extrémité, par exemple une station de base, susceptible de mettre en oeuvre de meilleures conditions en mode maintien que l'horloge asservie en mode paquet. Dans ce cas, il est recommandé d'éteindre le signal à la sortie de l'horloge asservie en mode paquet en cas de défaillance de la transmission du rythme par paquets, afin que l'équipement d'extrémité bascule en mode maintien au lieu d'effectuer la synchronisation de l'équipement d'extrémité avec les valeurs conservées par l'horloge asservie en mode paquet.

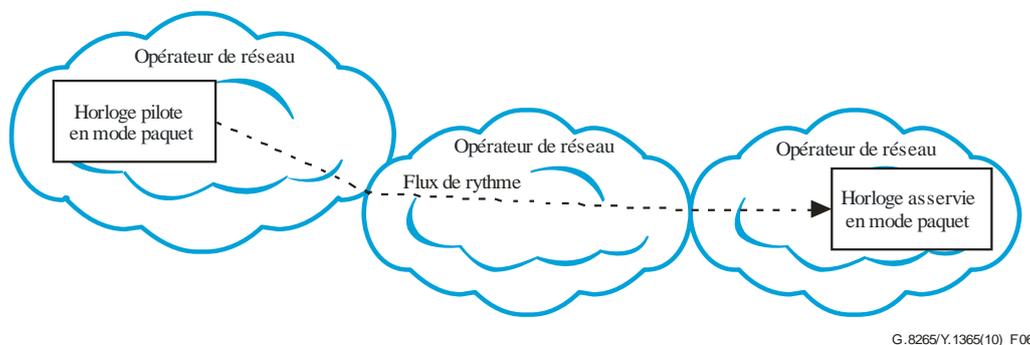
Les mises en oeuvre architecturales utilisant cette fonction doivent faire l'objet d'un complément d'étude. Cette fonction est décrite dans la Figure 5.



**Figure 5 – Inhibition à la sortie d'une horloge asservie en mode paquet**

### 7.3 Subdivision des réseaux en mode paquet

Les réseaux en mode paquet peuvent être subdivisés en plusieurs domaines administratifs différents. Le transport du rythme dans le réseau en mode paquet doit tenir compte de la subdivision des réseaux en différents domaines administratifs, comme indiqué dans la Figure 6. Cela peut signifier, par exemple, qu'il est possible que des horloges pilotes en mode paquet soient situées dans des domaines administratifs différents. L'exploitation dans cette configuration peut être limitée du fait des capacités de protocole et doit faire l'objet d'un complément d'étude.



**Figure 6 – Flux de rythme en mode paquet dans un réseau subdivisé**

La circulation du rythme en mode paquet entre les domaines administratifs n'est actuellement pas spécifiée dans la présente Recommandation et doit faire l'objet d'un complément d'étude. Certains problèmes se posent concernant la délimitation du flux de rythme en mode paquet et la qualité de fonctionnement transférée entre opérateurs.

En raison du fonctionnement des réseaux en mode paquet et de leurs incidences sur la récupération du rythme en mode paquet, en particulier en présence de contraintes, il est difficile de caractériser la qualité de fonctionnement déduite. En ce qui concerne la récupération de bout en bout du rythme à partir du flux de rythme en mode paquet, il est dans certains cas difficiles de déterminer l'endroit où un problème de qualité de fonctionnement se produit, en particulier si le rythme en mode paquet passe par de multiples domaines administratifs.

Lorsque de multiples domaines administratifs sont impliqués, d'autres méthodes reposant sur la synchronisation dans la couche physique (par exemple, Ethernet synchrone sur réseau OTN) peuvent être applicables pour la distribution de la fréquence. Ces méthodes ne relèvent pas de la présente Recommandation. De plus amples informations sont présentées dans le § 11 de [UIT-T G.8264].

#### **7.4 Technologies mixtes**

Les services par paquets peuvent être acheminés sur un réseau de commutation par paquets dans lequel des technologies différentes sont utilisées pour le réseau central et le réseau d'accès, ce qui peut avoir des incidences sur la qualité de fonctionnement en termes de variation du temps de transfert des paquets et sur la capacité de l'horloge asservie de déduire la fréquence. Par exemple, dans le réseau central, il se peut que les paquets contenant les horodates traversent des routeurs, des commutateurs ou des ponts connectés entre eux par des liaisons Ethernet, tandis que l'interconnexion dans la partie accès sera peut-être assurée avec des technologies xDSL ou PON.

Une connexion à l'intérieur d'un réseau peut être composée d'une concaténation de différentes technologies. La qualité de fonctionnement PDV peut varier en fonction de ces technologies. La variation PDV cumulée peut par conséquent varier lorsque plusieurs technologies différentes sont déployées. Une horloge asservie devra peut-être tenir compte des incidences de l'utilisation de technologies différentes.

La contribution des différentes technologies de transport à la variation PDV et la qualité de fonctionnement des horloges asservies doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

### **8 Protocoles utilisant des paquets pour la distribution de la fréquence**

#### **8.1 Protocoles utilisant des paquets**

Comme indiqué au § 6, le transfert de la fréquence sur des réseaux en mode paquet ne se fait pas uniquement dans la couche paquets. Lorsque le transfert de la fréquence est requis, des méthodes comme l'émulation de circuit, qui font appel à des méthodes de récupération d'horloge différentielles ou adaptatives, peuvent être utilisées [UIT-T G.8261].

Il existe des protocoles de distribution du temps, par exemple les protocoles NTP et PTP [IEEE 1588]. Bien qu'ils soient conçus au départ pour la distribution du temps, ces protocoles permettent également de dériver la fréquence. On trouvera ci-après une description générale de ces protocoles, ainsi que des précisions sur la nécessité de définir plus en détail leur utilisation aux fins de la distribution de la fréquence. Il est à noter que la qualité de fonctionnement qu'il est possible d'atteindre dépendra peut-être aussi de facteurs extérieurs aux définitions de protocole.

#### **8.2 Description générale du protocole PTP [IEEE 1588]**

[IEEE 1588] décrit le "protocole de précision temporelle", appelé communément protocole PTP, qui permet de transférer de manière précise le temps entre deux entités (horloges) moyennant la transmission de messages contenant des horodates précises représentant une estimation de l'heure à laquelle le paquet est envoyé. La transmission répétée de messages permet en outre de déduire la fréquence.

Le protocole PTP prend en charge le fonctionnement en mode monodiffusion et multidiffusion. En outre, il permet la prise en charge de deux modes d'horloge, l'un à une étape et l'autre à deux étapes, ce qui suppose la transmission d'un message de suivi additionnel. Des messages additionnels sont également définis à d'autres fins, par exemple pour la signalisation et la gestion.

Alors que la première version de [IEEE 1588] a été élaborée pour l'automatisation industrielle, la deuxième version a été élargie afin de s'appliquer à d'autres applications comme les télécommunications. Le protocole peut être adapté à des applications précises moyennant la création de "profils", qui spécifient le sous-ensemble de fonctionnalités pouvant être requis, ainsi que tous les paramètres de configuration associés, pour une application donnée. L'UIT-T s'occupe de l'application aux environnements des télécommunications.

[IEEE 1588] définit plusieurs types d'horloges: horloges ordinaires, horloges en limite et horloges transparentes. Cette norme définit des horloges, mais il s'agit uniquement de constructions de haut niveau. La qualité de fonctionnement qu'il est possible d'atteindre avec le protocole PTP repose sur des facteurs qui ne relèvent pas de [IEEE 1588].

[b-UIT-T G.8265.1] décrit un profil PTP pour les applications de télécommunication utilisant des horloges ordinaires dans un environnement monodiffusion. Les profils élaborés par l'UIT-T visent à répondre à toutes les exigences de haut niveau spécifiées dans la présente Recommandation.

### **8.3 Protocole NTP – Description générale**

Le protocole NTPv4 est défini dans [IETF RFC 5905], qui annule et remplace les deux normes [b-IETF RFC 1305] (protocole NTP v3) et [b-IETF RFC 4330] (protocole SNTP).

[IETF RFC 5905] définit un protocole et un algorithme pour distribuer la synchronisation du temps, mais le protocole filaire NTP peut également être utilisé pour distribuer une référence de fréquence. Dans ce cas, il faut toutefois développer un algorithme particulier pour récupérer la fréquence et seuls les aspects liés au format des paquets et au protocole doivent être pris en considération. On peut considérer que cette mise en oeuvre dans le client aux fins de la récupération de l'horloge de synchronisation de la fréquence est analogue à une mise en oeuvre utilisant d'autres protocoles fondés sur les paquets.

Conformément à [IETF RFC 5905], un client SNTP n'est pas tenu de mettre en oeuvre les algorithmes NTP spécifiés dans [IETF RFC 5905]. En particulier, il est noté dans [IETF RFC 5905] que les serveurs primaires et les clients se conformant à un sous-protocole NTP, appelé protocole simple de temps réseau (SNTP), n'ont pas besoin de mettre en oeuvre les algorithmes d'atténuation décrits dans les sections pertinentes de [IETF RFC 5905]. Le client SNTP peut fonctionner avec n'importe quel sous-protocole du protocole filaire NTP grâce à l'approche la plus simple, qui utilise uniquement l'horodateur de transmission du paquet serveur et ignore tous les autres champs.

L'un des aspects à prendre en considération est que, dans certaines applications, le débit des paquets requis devra peut-être être plus élevé (valeur MINPOLL inférieure) que la limite actuellement proposée pour l'algorithme de synchronisation du temps spécifié dans [IETF RFC 5905]. A ce sujet, [IETF RFC 5905] indique que le paramètre MINPOLL, "est un entier signé à 8 bits en secondes  $\log_2$  (log base 2) (...) [et] les limites par défaut proposées pour les intervalles d'interrogation minimum et maximum sont de 6 et 10, respectivement".

NOTE – Les modalités détaillées d'utilisation du protocole NTP pour cet exemple précis d'application, y compris la méthode pour prendre en charge les messages SSM conformément aux exigences définies au paragraphe 6, doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

Des informations plus détaillées concernant l'utilisation des paquets de rythme (par exemple le protocole NTP) pour le transfert de la fréquence sont données dans l'Appendice XII (Principes de base de synchronisation pour les réseaux par paquets) de [UIT-T G.8261].

## 9 Aspects relatifs à la sécurité

Contrairement aux flux de rythme traditionnels dans lesquels la fréquence est acheminée dans la couche physique, les flux de rythme en mode paquet peuvent être observés en différents points du réseau. Dans certains cas, les paquets de rythme passent dans de multiples domaines de réseau, ce qui peut donner lieu à des exigences de sécurité particulières. Il peut en outre y avoir des aspects de sécurité liés à la fois au réseau (par exemple, authentification et/ou autorisation) et au protocole PTP lui-même.

Il est important de permettre le fonctionnement avec les techniques de sécurité normalisées existantes afin d'aider à garantir l'intégrité de la synchronisation. Il peut s'agir par exemple des techniques de chiffrement et/ou d'authentification, ou des techniques réseau de séparation du trafic, par exemple les réseaux VLAN ou les trajets LSP. En particulier,

- les horloges asservies ne devraient pas pouvoir se connecter à des horloges pilotes malveillantes (mise en oeuvre d'un processus d'identification ou utilisation d'une séparation de réseau pour empêcher les horloges pilotes malveillantes d'avoir accès aux horloges asservies);
- les horloges pilotes ne devraient pas pouvoir fournir de service à des horloges asservies non autorisées.

Il se peut qu'il ne soit pas possible de mettre en oeuvre certaines de ces exigences sans détériorer le niveau général de la qualité de fonctionnement du système ou de la qualité du rythme.

Les aspects liés à la sécurité doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

## Appendice I

### Bibliographie

- [b-UIT-T G.8262]      Recommandation UIT-T G.8262/Y.1362 (2010), *Caractéristiques de rythme des horloges asservies d'équipement Ethernet synchrone.*
- [b-UIT-T G.8265.1]    Recommandation UIT-T G.8265.1/Y.1365.1 (2010), *Profil du protocole de précision temporelle pour la synchronisation des fréquences dans les applications de télécommunication.*
- [b-IETF RFC 1305]    IETF RFC 1305 (1992), *Network Time Protocol (Version 3) Specification, Implementation and Analysis.*
- [b-IETF RFC 4330]    IETF RFC 4330 (2006), *Simple Network Time Protocol (SNTP) Version 4 for IPv4, IPv6 and OSI.*



RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE Y

**INFRASTRUCTURE MONDIALE DE L'INFORMATION, PROTOCOLE INTERNET, RÉSEAUX DE PROCHAINE GÉNÉRATION, INTERNET DES OBJETS ET VILLES INTELLIGENTES**

<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
Télévision IP sur réseaux de prochaine génération	Y.1900–Y.1999
<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
Améliorations concernant les réseaux de prochaine génération	Y.2300–Y.2399
Gestion de réseau	Y.2400–Y.2499
Architectures et protocoles de commande de réseau	Y.2500–Y.2599
Réseaux de transmission par paquets	Y.2600–Y.2699
Sécurité	Y.2700–Y.2799
Mobilité généralisée	Y.2800–Y.2899
Environnement ouvert de qualité opérateur	Y.2900–Y.2999
<b>RÉSEAUX FUTURS</b>	<b>Y.3000–Y.3499</b>
<b>INFORMATIQUE EN NUAGE</b>	<b>Y.3500–Y.3999</b>

## SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série D	Principes de tarification et de comptabilité et questions de politique générale et d'économie relatives aux télécommunications internationales/TIC
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>Systemes et supports de transmission, systemes et reseaux numériques</b>
Série H	Systemes audiovisuels et multimédias
Série I	Reseau numérique à intégration de services
Série J	Reseaux câblés et transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Environnement et TIC, changement climatique, déchets d'équipements électriques et électroniques, efficacité énergétique; construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	Gestion des télécommunications y compris le RGT et maintenance des reseaux
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 reseaux locaux
Série Q	Commutation et signalisation et mesures et tests associés
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 reseau téléphonique
Série X	Reseaux de données, communication entre systemes ouverts et sécurité
<b>Série Y</b>	<b>Infrastructure mondiale de l'information, protocole Internet, reseaux de prochaine génération, Internet des objets et villes intelligentes</b>
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systemes de télécommunication