

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.8265.1/Y.1365.1

Corrigendum 1

(04/2016)

**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

Profil du protocole de précision temporelle dans les
télécommunications pour la synchronisation de
fréquence

Corrigendum 1

Recommandation UIT-T G.8265.1/Y.1365.1 (2014) –
Corrigendum 1

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 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
Synchronisation, objectifs de qualité et de disponibilité	G.8200–G.8299
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.8265.1/Y.1365.1

Profil du protocole de précision temporelle dans les télécommunications pour la synchronisation de fréquence

Corrigendum 1

Résumé

La Recommandation UIT-T G.8265.1/Y.1365.1 contient le profil du protocole de précision temporelle (PTP) de l'UIT-T pour la distribution de la fréquence sans appui du réseau concernant la synchronisation (mode monodiffusion). Elle donne les détails nécessaires à l'utilisation de la norme IEEE 1588 d'une manière compatible avec l'architecture décrite dans la Recommandation UIT-T G.8265/Y.1365. La présente version de la Recommandation définit le profil du protocole PTP uniquement pour le mode monodiffusion. Un profil distinct pour un cas mixte monodiffusion/multidiffusion sera présenté dans de futures versions de la Recommandation.

Le Corrigendum 1 a pour objet de corriger le format de spécification du paramètre `logInterMessageInterval`, qui définit la durée minimale entre deux messages pour le profil de télécommunication et pour la fréquence, et de rectifier le texte afin de préciser que seul le mode monodiffusion négocié est utilisé.

Historique

Edition	Recommandation	Approbation	Commission d'études	ID unique*
1.0	UIT-T G.8265.1/Y.1365.1	07-10-2010	15	11.1002/1000/10911
1.1	UIT-T G.8265.1/Y.1365.1 (2010) Amd. 1	13-04-2011	15	11.1002/1000/11143
1.2	UIT-T G.8265.1/Y.1365.1 (2010) Amd. 2	29-10-2012	15	11.1002/1000/11821
2.0	UIT-T G.8265.1/Y.1365.1	22-07-2014	15	11.1002/1000/12193
2.1	UIT-T G.8265.1/Y.1365.1 (2014) Cor. 1	13-04-2016	15	11.1002/1000/12811

* 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 on 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 2019

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

	Page
1 Domaine d'application.....	1
2 Références	1
3 Définitions	2
3.1 Termes définis ailleurs.....	2
3.2 Termes définis dans la présente Recommandation	2
4 Abréviations et acronymes	2
5 Conventions	2
6 Utilisation du protocole PTP pour la distribution de la fréquence	3
6.1 Exigences de conception de haut niveau	3
6.2 Description générale.....	5
6.3 Modes PTP.....	6
6.4 Mappage PTP.....	7
6.5 Débits de messages.....	7
6.6 Négociation des messages en mode monodiffusion.....	8
6.7 Variante de l'algorithme BMCA, modèle d'horloge asservie pour les télécommunications et processus de choix de l'horloge pilote	11
6.8 Fonctions de protection supplémentaires.....	17
7 Profil UIT-T du protocole PTP pour la distribution de la fréquence sans prise en charge de la synchronisation par le réseau	18
8 Aspects relatifs à la sécurité	18
Annexe A – Profil UIT-T du protocole PTP pour la distribution de la fréquence sans prise en charge de la synchronisation par le réseau (mode monodiffusion).....	19
A.1 Identification du profil.....	19
A.2 Valeurs des attributs PTP.....	19
A.3 Options PTP	23
A.4 Options pour l'algorithme de la meilleure horloge pilote (BMCA)	24
A.5 Option pour la mesure du temps de propagation (mécanisme de demande/réponse).....	25
A.6 Options pour la gestion de la configuration.....	25
A.7 Format d'identité de l'horloge.....	25
A.8 Drapeaux employés dans le présent profil	25
A.9 Champ de commande (controlField).....	25
Appendice I – Utilisation du mode mixte monodiffusion/multidiffusion pour les messages PTP	26

Recommandation UIT-T G.8265.1/Y.1365.1

Profil du protocole de précision temporelle dans les télécommunications pour la synchronisation de fréquence

Corrigendum 1

Note rédactionnelle: La présente publication contient le texte intégral de la Recommandation. Les modifications introduites par le présent Corrigendum sont indiquées par des marques de révision apportées à la Recommandation UIT-T G.8265.1/Y.1365.1 (2014).

1 Domaine d'application

La présente Recommandation définit un profil pour les applications de télécommunication fondé sur le protocole de précision temporelle (PTP) établi dans la norme [IEEE 1588]. Ce profil reprend les fonctions présentées dans cette norme qui sont nécessaires pour garantir l'interopérabilité de certains éléments de réseau dans le but exclusif de fournir une fréquence. Il repose sur l'architecture décrite dans la Recommandation [UIT-T G.8265] et sur les définitions figurant dans la Recommandation [UIT-T G.8260]. La première version du profil contient les prescriptions de conception de haut niveau, des modes de fonctionnement pour l'échange de messages PTP, le mappage avec le protocole PTP, l'emploi de la transmission et de la négociation en mode monodiffusion, une variante de l'algorithme fournissant la meilleure horloge pilote (BMCA) et les paramètres de configuration du protocole PTP. La prise en charge du mode mixte monodiffusion/multidiffusion ou du mode monodiffusion statique doit faire l'objet d'un complément d'étude.

La présente Recommandation traite également de certains aspects nécessaires dans un environnement destiné aux télécommunications qui ne sont pas couverts par le profil PTP et qui le complètent.

2 Références

La présente Recommandation se réfère à certaines dispositions des Recommandations UIT-T et textes suivants qui, de ce fait, en sont partie intégrante. Les versions indiquées étaient en vigueur au moment de la publication de la présente Recommandation. Toute Recommandation ou tout texte étant sujet à révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à se reporter, si possible, aux versions les plus récentes des références normatives suivantes. La liste des Recommandations de l'UIT-T en vigueur est régulièrement publiée. 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.781] | Recommandation UIT-T G.781 (2008), <i>Fonctions des couches de synchronisation.</i> |
| [UIT-T G.8260] | Recommandation UIT-T G.8260 (2012), <i>Termes et définitions relatifs à la synchronisation dans les réseaux en mode paquet.</i> |
| [UIT-T G.8265] | Recommandation UIT-T G.8265/Y.1365 (2010), <i>Architecture et exigences pour la distribution de la fréquence en mode paquet.</i> |
| [IEEE 1588] | Norme IEEE 1588-2008, <i>IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems.</i> |

3 Définitions

3.1 Termes définis ailleurs

La présente Recommandation utilise les termes suivants définis ailleurs:

3.1.1 horloge pilote en mode paquet (*packet master clock*) [UIT-T G.8260]

3.1.2 horloge asservie en mode paquet (*packet slave clock*) [UIT-T G.8260]

3.1.3 signal de synchronisation par paquets (*packet timing signal*) [UIT-T G.8260]

3.2 Termes définis dans la présente Recommandation

Aucun.

4 Abréviations et acronymes

La présente Recommandation utilise les abréviations et les acronymes suivants:

BMC meilleure horloge pilote (*best master clock*)

BMCA algorithme de la meilleure horloge pilote (*best master clock algorithm*)

EUI identifiant unique étendu (*extended unique identifier*)

GM horloge pilote principale (*grand master*)

LSP trajet avec commutation par étiquette (*label switched path*)

MPLS commutation multiprotocole avec étiquette (*multi-protocol label switching*)

NTP protocole de temps réseau (*network time protocol*)

OC horloge ordinaire (*ordinary clock*)

ParentDS ensemble de données parent (*parent data set*) (terminologie employée dans la norme [IEEE 1588])

PDV variation du temps de transfert des paquets (*packet delay variation*)

PTP protocole de précision temporelle (*precision time protocol*)

PTSF signal de synchronisation par paquets défaillant (*packet timing signal fail*)

QL niveau de qualité (*quality level*)

SDH hiérarchie numérique synchrone (*synchronous digital hierarchy*)

SOOC horloge ordinaire en mode asservi uniquement (*slave-only ordinary clock*)

SSM message d'état de synchronisation (*synchronization status message*)

SyncE Ethernet synchrone (*synchronous Ethernet*)

TLV type-longueur-valeur (*type length value*)

UDP protocole de datagramme utilisateur (*user datagram protocol*)

VLAN réseau local virtuel (*virtual local area network*)

5 Conventions

Dans la présente Recommandation, les conventions suivantes sont utilisées: le terme PTP désigne la version 2 du protocole PTP définie dans la norme [IEEE 1588]. Le terme "asservi" ou "horloge asservie" désigne une "horloge ordinaire en mode asservi uniquement" (SOOC) telle que définie au paragraphe 9.2.2 de la norme [IEEE 1588]. Une "horloge asservie de télécommunication" est un

dispositif constitué d'une ou plusieurs SOOC. Les termes "pilote", "pilote en mode paquet" ou "horloge pilote en mode paquet" désignent une horloge pilote principale au sens de la norme [IEEE 1588]. Les messages PTP employés dans la présente Recommandation sont définis dans la norme [IEEE 1588] et sont indiqués en italique.

6 Utilisation du protocole PTP pour la distribution de la fréquence

La norme [IEEE 1588] a initialement été élaborée par l'IEEE pour répondre aux besoins de synchronisation de l'automatisation industrielle; le protocole de précision temporelle (PTP) qui y est défini était conçu pour permettre un transfert précis du temps dans ce contexte.

Après la publication de la première version de la norme, des travaux ont été entrepris pour en élaborer une seconde version contenant des éléments utiles pour le transport du protocole sur un réseau étendu. Cette "version 2" de la norme [IEEE 1588] a en outre introduit la notion de "profil", qui permet de choisir certains aspects du protocole et de les spécifier pour une utilisation dans un domaine distinct de l'automatisation industrielle (pour laquelle elle avait initialement été conçue). La présente Recommandation contient la définition du "profil pour les télécommunications" et permet de prendre en charge les architectures particulières décrites dans la Recommandation [UIT-T G.8265].

Les exigences de la présente Recommandation et les exigences pertinentes de la norme [IEEE 1588] indiquées à l'Annexe A doivent être respectées pour pouvoir déclarer la conformité au profil pour les télécommunications.

Les aspects détaillés relatifs au profil pour les télécommunications sont décrits dans les paragraphes suivants, tandis que le profil proprement dit fait l'objet de l'Annexe A. Pour la spécification du profil, on suit les règles générales énoncées dans la norme [IEEE 1588].

Le profil pour les télécommunications conforme à la norme [IEEE 1588] et défini dans la présente Recommandation est destiné exclusivement aux applications ayant besoin de synchroniser une fréquence. Il ne couvre pas les applications ayant besoin d'un verrouillage de phase ou de connaître l'heure historique. Il concerne les cas dans lesquels les horloges pilote ou asservie du PTP sont utilisées dans un réseau ne prenant pas en charge le protocole PTP dans un nœud intermédiaire entre l'horloge pilote et l'horloge asservie.

Il est également important de noter que le protocole PTP employé par défaut repose sur le mode multidiffusion. Le présent profil n'utilise que le mode monodiffusion négocié. L'emploi du mode mixte monodiffusion/multidiffusion ou du mode monodiffusion statique doit faire l'objet d'un complément d'étude.

Aux fins de ce profil du protocole PTP pour les télécommunications, on définit les paramètres de la norme [IEEE 1588] à employer afin de garantir l'interopérabilité des mises en œuvre du protocole et on spécifie les caractéristiques facultatives, les valeurs par défaut des attributs configurables et les mécanismes qui doivent être pris en charge. Cependant, il n'est pas garanti que les exigences de qualité de fonctionnement d'une application donnée seront satisfaites. Ces aspects de qualité de fonctionnement sont en cours d'étude et nécessitent des éléments supplémentaires qui n'entrent pas dans le cadre du profil PTP proprement dit.

6.1 Exigences de conception de haut niveau

Aux termes du paragraphe 19.3.1.1 de la norme [IEEE 1588]:

"L'objectif d'un profil PTP est de permettre aux organisations de choisir un ensemble spécifique de valeurs d'attribut et de caractéristiques facultatives du protocole PTP qui, lors de l'utilisation du même protocole de transport, interagissent pour atteindre une qualité de fonctionnement conforme aux exigences d'une application particulière."

Pour que le profil soit applicable à un réseau de télécommunication, certains critères supplémentaires sont également nécessaires afin de respecter les pratiques de synchronisation couramment employées

dans ce domaine. Dès lors, le profil PTP pour la distribution de la fréquence doit répondre aux exigences de haut niveau suivantes:

- 1) Permettre l'interopérabilité entre des horloges pilotes PTP et asservies conformes au profil.
Toute horloge pilote PTP doit donc être conforme au profil pour pouvoir piloter plusieurs horloges asservies PTP fournies par des fabricants différents, et toute horloge asservie doit pouvoir se synchroniser avec une ou plusieurs horloges pilotes fournies par des fabricants différents.
- 2) Permettre un fonctionnement sur des réseaux gérés étendus en mode paquet.
Il peut s'agir par exemple de réseaux exploitant des protocoles tels qu'Ethernet ou IP, la commutation par étiquette multiprotocole (MPLS) ou une combinaison de ceux-ci.
- 3) Définir des débits de messages et des valeurs de paramètres cohérents avec la distribution de la fréquence et les exigences de qualité de fonctionnement de chaque application de télécommunication.
À noter que le profil ne garantit pas en lui-même que les critères de qualité de fonctionnement seront satisfaits; toutefois, il devrait permettre d'atteindre la qualité de fonctionnement souhaitée, dès lors que les équipements ont été conçus de manière adéquate et qu'ils sont exploités sur un réseau en mode paquet conçu et géré correctement.
- 4) Permettre l'interopérabilité avec des réseaux de synchronisation existants (par exemple l'Ethernet synchrone (SyncE) et la hiérarchie numérique synchrone (SDH)).
Cela signifie en particulier que le profil doit définir les moyens de prendre en charge la transmission des valeurs de niveau de qualité (QL) définies dans la Recommandation [UIT-T G.781] entre l'horloge pilote en mode paquet et l'horloge asservie en mode paquet, en offrant une traçabilité complète jusqu'à une horloge de référence primaire.
Les niveaux de qualité transmis doivent être cohérents avec la méthode de synchronisation employée et avec la qualité de fonctionnement des horloges utilisées dans la chaîne de synchronisation.
- 5) Permettre de concevoir et de configurer le réseau de synchronisation selon un agencement fixe.
Les horloges pilotes devraient toujours conserver le rôle de pilote et les horloges asservies leur rôle asservi. Le réseau de synchronisation ne devrait pas être en mesure de se reconfigurer de manière autonome (par exemple grâce à un processus automatique tel que l'algorithme fournissant la meilleure horloge pilote décrit dans la norme [IEEE 1588]).
- 6) Permettre la mise en place de mécanismes de protection couramment employés dans les réseaux de télécommunication.
Cette protection peut notamment prendre les formes suivantes:
 - Une protection physique fondée sur une horloge pilote et un équipement redondants situés au même endroit.
 - Une protection géographique fondée sur des horloges pilotes réparties en différents endroits. Cette méthode devrait notamment permettre de déployer des mécanismes de protection des horloges pilotes en mode paquet selon une architecture 1:1 ou N:1.
- 7) Définir les critères en vertu desquels les horloges asservies doivent changer d'horloge pilote en mode paquet.
Ces critères doivent correspondre aux critères couramment appliqués dans le domaine des télécommunications, c'est-à-dire d'abord la valeur du niveau de qualité, puis les valeurs de priorité.
- 8) Permettre le recours à des techniques de sécurité couramment employées pour contribuer à garantir l'intégrité de la synchronisation.

Il peut s'agir notamment de techniques de chiffrement ou d'authentification, ou encore de techniques réseau permettant de séparer le trafic, par exemple en utilisant des réseaux locaux virtuels (VLAN) ou des trajets avec commutation par étiquette (LSP). À noter qu'il n'est pas nécessaire de définir ces techniques dans le profil, mais que rien dans le profil ne devrait empêcher leur emploi.

- Les horloges asservies ne devraient pas pouvoir se connecter à des horloges pilotes malveillantes (mise en œuvre d'un processus d'identification ou séparation des réseaux 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 convient de noter aussi qu'il n'est pas toujours possible de mettre en œuvre certaines de ces exigences sans détériorer le niveau général de la qualité de fonctionnement du système.

6.2 Description générale

Différents types d'horloges capables d'effectuer différents niveaux de traitement des messages PTP sont définis dans la norme [IEEE 1588]. La présente Recommandation ne porte que sur les horloges ordinaires définies dans cette norme. Les horloges en limite et les horloges transparentes au sens de cette norme ne sont pas prises en compte dans la version actuelle de la Recommandation.

La qualité de fonctionnement de l'horloge asservie dépend de plusieurs facteurs, dont les plus importants sont notamment la variation du temps de transfert des paquets et la stabilité de l'oscillateur interne de l'horloge. Ces facteurs ne sont pas pris en compte dans la version actuelle de la Recommandation.

6.2.1 Domaines

Un domaine consiste en un regroupement logique d'horloges communiquant entre elles à l'aide du protocole PTP.

Les domaines PTP sont utilisés pour subdiviser un réseau au sein d'un domaine administratif. Les messages PTP et les ensembles de données étant associés à un domaine, chaque domaine dispose de son protocole PTP indépendant.

Aux fins du présent profil, les domaines PTP sont établis par le biais de messages transmis en monodiffusion pour s'assurer qu'ils soient isolés des horloges pilotes. Aucune horloge (qu'elle soit pilote ou asservie) ne doit avoir la possibilité de prendre des informations dans un domaine PTP et de s'en servir pour influencer le comportement d'une horloge dans un autre domaine PTP.

NOTE – Il n'existe qu'une seule horloge pilote en mode paquet par domaine PTP. Au sein d'un domaine PTP, le numéro de domaine est identique pour toutes les horloges.

Il y a par exemple N domaines PTP dans la Figure 2. Chaque horloge pilote utilise le même numéro de domaine PTP. La séparation des domaines est assurée par des messages transmis en monodiffusion.

6.2.2 Messages PTP utilisés dans le profil

Deux catégories de messages PTP sont définies dans la norme [IEEE 1588]: les messages d'événement et les messages généraux. Ces deux catégories diffèrent par le fait que les messages d'événement sont temporisés et qu'ils nécessitent ou comportent donc une horodate précise. Les messages généraux n'ont pas besoin d'être horodatés avec précision.

Différents types de messages sont en outre définis dans cette norme: *Sync*, *Delay_Req* (c'est-à-dire la demande de temps de propagation), *Announce*, *Follow_Up*, *Delay_Resp* (c'est-à-dire la réponse de temps de propagation), *Management* et *Signaling*.

6.3 Modes PTP

Plusieurs modes de fonctionnement entre une horloge pilote et une horloge asservie sont décrits dans la norme [IEEE 1588]. Ces modes sont présentés dans le présent paragraphe selon la fonctionnalité requise pour être conforme au profil.

6.3.1 Fonctionnement unidirectionnel ou bidirectionnel

Le protocole PTP est conçu pour assurer la synchronisation dans le temps. Pour compenser le retard de propagation des messages à travers le réseau, les messages sont envoyés dans les deux directions afin de mesurer le retard sur l'ensemble du parcours. Le retard unidirectionnel est ensuite évalué à environ la moitié du retard total. Cette opération est dite bidirectionnelle. Cependant, lorsque le PTP ne sert qu'à fournir la fréquence, le fonctionnement bidirectionnel n'est pas nécessaire puisque le retard de propagation des messages synchronisés n'a pas besoin d'être compensé. On peut donc choisir le fonctionnement unidirectionnel pour distribuer la fréquence.

Cependant, certaines méthodes de récupération d'horloge exploitent un mode bidirectionnel, même lorsque l'application n'a besoin que d'une distribution de la fréquence. De fait, l'algorithme de récupération d'horloge peut utiliser le trajet "inverse" (c'est-à-dire les messages *Delay_Req*). Il est néanmoins possible aussi d'utiliser le mode unidirectionnel pour réduire la largeur de bande consommée par les messages PTP.

Une horloge pilote PTP conforme au profil doit être capable de prendre en charge des synchronisations en mode unidirectionnel comme bidirectionnel. En revanche, une horloge asservie peut n'employer que le mode unidirectionnel; elle peut aussi fonctionner en mode bidirectionnel, mais il n'est pas obligatoire qu'elle prenne en charge les deux modes.

6.3.2 Mode d'horloge en une ou deux étapes

Dans le protocole PTP, deux types de comportements d'horloge sont définis: l'horloge "en une étape" et l'horloge "en deux étapes". Dans une horloge en une étape, l'horodate précise est transportée directement dans le message *Sync*. Dans une horloge en deux étapes, on emploie un message *Follow_Up* pour acheminer l'horodate précise du message *Sync* correspondant. L'emploi de messages *Follow_Up* est facultatif dans ce protocole.

Il convient de noter que la méthode fondée sur une horloge en une étape permet de réduire considérablement le nombre de messages PTP envoyés par l'horloge pilote et libère ainsi les capacités de celle-ci.

Cependant, la méthode de l'horloge en deux étapes est parfois nécessaire, par exemple lorsque certains éléments de sécurité sont exigés. Ces cas doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

Les horloges en une étape et en deux étapes sont toutes deux prises en charge par le profil. Une horloge pilote conforme au protocole PTP peut fonctionner aussi bien en une étape qu'en deux.

NOTE – La qualité de fonctionnement du flux de synchronisation PTP produit par l'horloge pilote dans ces deux méthodes doit faire l'objet d'un complément d'étude.

Pour être conforme à la norme [IEEE 1588], une horloge asservie doit être capable de recevoir et de traiter les messages émanant aussi bien d'horloges en une étape que d'horloges en deux étapes sans nécessiter de configuration particulière.

Selon le paragraphe 7.3.8.3 de la norme [IEEE 1588], lorsqu'on emploie une horloge en deux étapes, le drapeau "*twoStepFlag*" doit prendre la valeur TRUE pour indiquer qu'un message *Follow_up* va suivre le message *Sync* et que l'horloge asservie ne doit pas tenir compte de l'horodate intégrée dans le message *Sync*. Si l'on emploie une horloge en une étape, le drapeau "*twoStepFlag*" doit prendre la valeur FALSE et l'horloge asservie doit tenir compte de l'horodate intégrée dans le message *Sync*.

6.3.3 Mode monodiffusion ou multidiffusion

Le protocole PTP permet de transmettre les messages PTP en modes monodiffusion et multidiffusion. Pour le profil PTP défini dans l'Annexe A, on emploie le mode monodiffusion négocié pour tous les messages PTP.

L'utilisation du mode multidiffusion pour certains messages PTP ou pour l'ensemble de ces messages doit faire l'objet d'un complément d'étude. ~~Un profil PTP distinct pour un cas mixte monodiffusion/multidiffusion pourra être défini dans de futures versions de la Recommandation.~~

On trouvera de plus amples informations à ce sujet dans l'Appendice I.

Toute horloge pilote ou asservie conforme au profil PTP défini dans l'Annexe A doit prendre en charge le mode monodiffusion négocié. ~~La prise en charge de la combinaison des modes multidiffusion et monodiffusion doit faire l'objet d'un complément d'étude.~~

~~Une horloge asservie conforme au profil PTP défini dans l'Annexe A doit prendre en charge le mode monodiffusion.~~ La prise en charge ~~de la combinaison des modes multidiffusion et du mode mixte monodiffusion/multidiffusion~~ ou du mode monodiffusion statique doit faire l'objet d'un complément d'étude.

6.4 Mappage PTP

Le présent profil de protocole PTP destiné aux télécommunications est fondé sur le mappage PTP défini à l'Annexe D de la norme [IEEE 1588] "*Transport of PTP over User Datagram Protocol over Internet Protocol Version 4*" ("transport du PTP par-dessus le protocole de datagramme utilisateur et le protocole IPV4"), ainsi qu'à l'Annexe E de cette norme "*Transport of PTP over User Datagram Protocol over Internet Protocol Version 6*" ("transport du PTP par-dessus le protocole de datagramme utilisateur et le protocole IPV6").

Toute horloge PTP pilote ou asservie conforme au profil décrit dans la présente Recommandation doit donc être également conforme à l'Annexe D de la norme [IEEE 1588], et peut en outre être conforme à l'Annexe E de cette norme.

~~L'utilisation du mappage PTP défini à l'Annexe E de la norme [IEEE 1588], Transport of PTP over User Datagram Protocol over Internet Protocol Version 6, doit faire l'objet d'un complément d'étude dans le cadre du présent profil de protocole PTP destiné aux télécommunications.~~

NOTE – On emploie un mappage IP/UDP pour faciliter l'utilisation de l'adressage IP. Cela ne signifie pas que les flux PTP peuvent être acheminés par un réseau en mode paquet non géré. Par hypothèse, c'est un réseau en mode paquet bien contrôlé qui sera employé pour piloter et réduire autant que possible la variation du retard des paquets.

6.5 Débits de messages

La valeur des débits de message n'est définie que pour permettre l'interopérabilité entre les protocoles. Une horloge asservie ne doit pas nécessairement répondre à toutes les exigences de qualité de fonctionnement pertinentes pour tous les débits de messages dans la plage considérée, et notamment aux débits de paquets les plus faibles. Les valeurs adéquates dépendent des caractéristiques de l'horloge et des exigences de qualité de fonctionnement ciblées. Au demeurant, on peut aussi avoir besoin de différents débits de paquets au cours de la période de stabilisation.

NOTE – Une horloge asservie mise en œuvre de manière particulière pour répondre aux exigences de qualité de fonctionnement ciblées peut prendre en charge un sous-ensemble des débits de message à l'intérieur des plages indiquées ci-dessous. En revanche, une horloge pilote doit prendre en charge toute la plage des débits de transmission des messages. On considère par hypothèse que la valeur par défaut indiquée ci-après est appliquée, sauf indication contraire pour une mise en œuvre particulière.

Dans le cadre du présent profil, les messages suivants peuvent être utilisés et les plages de débits indiquées doivent être respectées pour les messages en mode monodiffusion:

- Messages *Sync* (si des messages *Follow_up* sont utilisés, ils auront le même débit) – débit minimum: un paquet toutes les 16 secondes; débit maximum: 128 paquets par seconde;
- Messages *Delay_Req/Delay_Resp* – débit minimum: un paquet toutes les 16 secondes; débit maximum: 128 paquets par seconde;
- Messages *Announce* – débit minimum: un paquet toutes les 16 secondes; débit maximum: huit paquets par seconde (le débit par défaut indiqué est d'un paquet toutes les deux secondes);
- Messages *Signaling* – Aucun débit n'est défini.

L'emploi des messages *Management* doit faire l'objet d'un complément d'étude.

6.6 Négociation des messages en mode monodiffusion

Dans un réseau de télécommunications, le fait de permettre à des dispositifs PTP asservis de demander le service de synchronisation à des dispositifs PTP pilotes présente un certain nombre d'avantages. La norme [IEEE 1588] prévoit un mécanisme permettant aux dispositifs asservis d'effectuer cette demande dans un environnement en mode monodiffusion (voir le paragraphe 16.1 de cette norme). Le présent profil prend en charge la négociation du message en mode monodiffusion conformément à la norme [IEEE 1588] et selon la procédure décrite ci-dessous.

Les horloges pilotes en mode paquet et les horloges en mode asservi uniquement qui sont conformes au présent profil doivent prendre en charge le mécanisme décrit au paragraphe 16.1 de la norme [IEEE 1588] de la manière décrite dans le présent paragraphe.

Seules les horloges en mode asservi uniquement sont autorisées à adresser une demande de service en monodiffusion à une horloge pilote.

Lorsqu'elles utilisent le mode monodiffusion, les horloges asservies PTP demandent le service de synchronisation en envoyant un message PTP *Signaling* en monodiffusion. Celui-ci, qui contient une demande TLV de type REQUEST_UNICAST_TRANSMISSION, est acheminé vers l'adresse IP du pilote PTP choisi.

NOTE 1 – Dans ce profil télécom, [la négociation en mode monodiffusion est activée par défaut l'établissement d'une connexion en mode monodiffusion sans négociation doit faire l'objet d'un complément d'étude.](#)

Le message *Signaling* contenant la demande TLV REQUEST_UNICAST_TRANSMISSION est renouvelé périodiquement.

Lorsqu'elle entame une négociation en monodiffusion avec une horloge pilote, l'horloge asservie peut remplir la valeur initiale du champ targetPortIdentity avec des 1 dans le message *Signaling*. Selon la réponse du pilote, l'horloge asservie peut ensuite acquérir la valeur des champs clockIdentity et portNumber du pilote et les employer dans tout message *Signaling* suivant. Toutefois, elle peut aussi continuer à utiliser des 1. De même, l'horloge pilote peut soit acquérir et utiliser les valeurs des champs clockIdentity et portNumber de l'horloge asservie, soit utiliser des 1 pour remplir le champ targetPortIdentity dans les messages *Signaling* qu'elle envoie. L'horloge pilote comme l'horloge asservie doivent être en mesure de gérer les deux situations à la réception, c'est-à-dire lorsqu'elles reçoivent des messages PTP *Signaling* comportant leurs propres valeurs de champs clockIdentity et portNumber ou lorsque le champ targetPortIdentity ne comporte que des 1.

Le champ logInterMessagePeriod peut être configuré de manière à adapter le débit de transmission demandé des messages *Sync*, *Announce* et *Delay_Resp*.

La plage configurable pour le champ logInterMessagePeriod est indiquée à l'Annexe A pour tous les messages pertinents.

Dans chaque demande TLV de type REQUEST_UNICAST_TRANSMISSION, le champ durationField a une valeur d'initialisation par défaut de 300 secondes et une plage configurable de 60 à 1 000 secondes.

Si une horloge pilote PTP n'est pas en mesure de répondre à la demande d'une horloge asservie, elle doit refuser l'ensemble de la demande et non envoyer à l'horloge asservie une réponse incomplète.

Si une horloge asservie rencontre un refus de réponse du pilote ou ne reçoit aucune réponse à sa demande de service:

- Elle doit attendre au minimum une seconde ([après le refus ou l'absence de réponse](#)) avant d'émettre une nouvelle demande de service en monodiffusion à l'intention du même pilote et pour le même type de message.
- Après trois demandes de services sans réponse ou ayant rencontré un refus de réponse pour le même type de message, l'horloge asservie peut:
 - soit annuler tout service en monodiffusion lui ayant été accordé pour d'autres types de messages et demander le service à un autre pilote;
 - soit attendre 60 secondes de plus avant de présenter à nouveau la même demande au même pilote.

On trouvera dans la Figure 1 un exemple d'échange de messages visant à lancer un service de synchronisation en monodiffusion. Le chronogramme représente l'échange de messages en monodiffusion pour une horloge en une étape (c'est-à-dire sans message *Follow_up*) et en mode unidirectionnel (c'est-à-dire sans message *Delay_Req* ou *Delay_Resp*).

Cet exemple illustre une phase de négociation en monodiffusion pour une horloge asservie en mode paquet envoyant des messages *Signaling* dans le cadre de demandes *Announce* et *Sync*. Une horloge pilote en mode paquet octroie à l'horloge asservie les débits de message demandés et transmet ces débits de message *Announce* et *Sync* ainsi que le renouvellement de ces messages avant l'expiration du délai défini dans le champ durationField.

Il convient de noter qu'on pourrait employer plusieurs chronogrammes différents pour illustrer les divers échanges de types de messages. À noter aussi que les messages *Signaling* utilisent le format type-longueur-valeur (TLV) unique ou concaténé, que chaque type de message emploie des champs durationFields différents, etc. La Figure 1 montre l'interaction entre les messages; elle n'est présentée qu'à titre d'illustration et ne correspond pas à une mise en œuvre particulière.

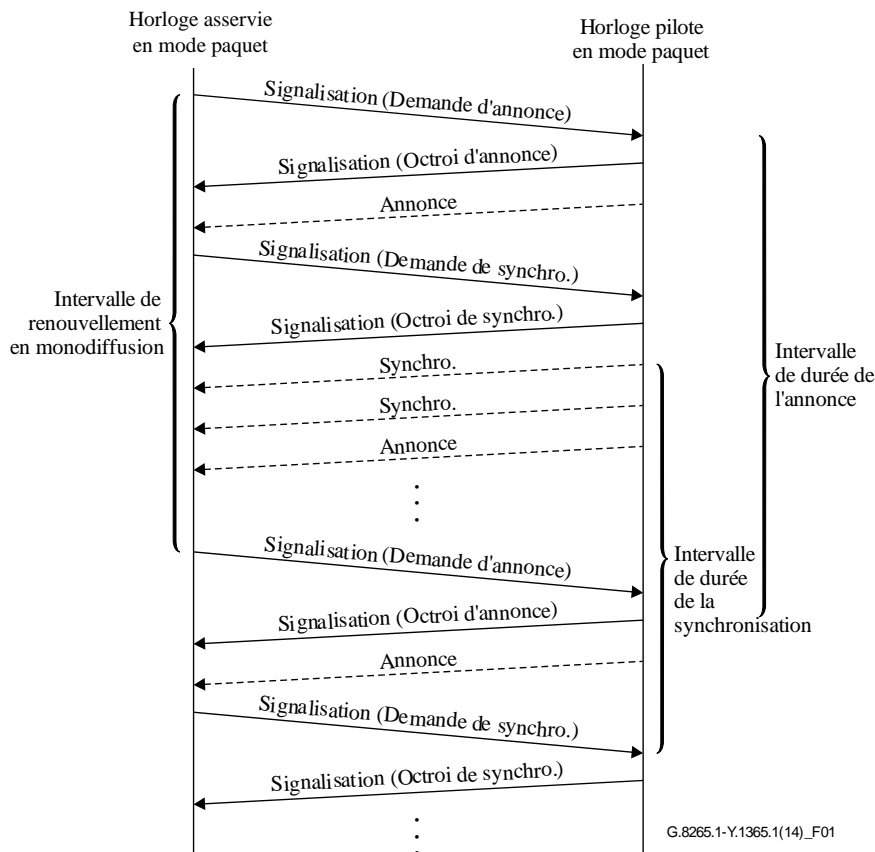


Figure 1 – Exemple de négociation en monodiffusion

Une horloge asservie conforme au protocole PTP peut demander plusieurs types de messages PTP à un pilote PTP (il peut s'agir par exemple d'une horloge asservie fonctionnant en mode bidirectionnel qui demande des messages *Sync* et *Delay_Resp*, ou encore des messages *Announce* et *Sync* à une même horloge pilote). Pour demander une transmission de différents types de messages PTP en monodiffusion et pour répondre à ces demandes, la norme [IEEE 1588] prévoit soit l'emploi d'un seul message *Signaling* contenant plusieurs demandes TLV, soit l'emploi de plusieurs messages *Signaling*. Les horloges pilotes et asservies conformes au présent profil doivent pouvoir prendre en charge ces deux cas de figure. Le comportement attendu au cours de la négociation initiale et des renouvellements ultérieurs de service en monodiffusion est décrit dans les paragraphes suivants.

Chaque demande de transmission en monodiffusion adressée par une horloge asservie particulière à une horloge pilote doit commencer par l'envoi d'une demande de type de services *Announce* à ce pilote. Ce n'est qu'après avoir obtenu le service en monodiffusion relatif au message *Announce* et après avoir reçu le premier message *Announce* du pilote concerné que le reste de la demande de type de services peut être envoyé. Cette pratique permet de s'assurer que les attributs (comme le niveau de qualité) et les capacités du pilote concerné sont acceptables du point de vue de l'horloge asservie avant de demander le reste des services.

Lorsqu'elle reçoit le premier message *Announce* de l'horloge pilote, l'horloge asservie envoie un premier message *Signaling* contenant une demande TLV de type *REQUEST_UNICAST_TRANSMISSION* qui doit indiquer tous les types de services que l'horloge asservie doit obtenir du pilote; à cette fin, on emploie plusieurs demandes TLV *REQUEST_UNICAST_TRANSMISSION*. Cette méthode réduit les risques que le pilote n'octroie qu'une partie des services demandés s'il a été trop sollicité (lorsque plusieurs demandes ont été adressées simultanément par d'autres horloges asservies). Le pilote peut répondre à cette demande soit par un seul message *Signaling* contenant plusieurs demandes TLV, soit par plusieurs messages *Signaling* (chacun contenant une seule demande TLV).

Lorsqu'elle renouvelle les services en monodiffusion, l'horloge asservie peut, après avoir envoyé les messages *Signaling* (pour maintenir la connexion), soit continuer de demander tous les types de services dans un seul message *Signaling* contenant plusieurs demandes TLV, soit envoyer plusieurs messages *Signaling* indépendants (chacun contenant une seule demande TLV). Le pilote peut répondre à cette demande soit par un seul message *Signaling* contenant plusieurs demandes TLV, soit par plusieurs messages *Signaling* (chacun contenant une seule demande TLV).

Il convient de respecter la procédure suivante définie au paragraphe A.9.4.2 de la norme [IEEE 1588]: "Pour recevoir un service sans interruption, le demandeur doit renvoyer une demande avant la fin du délai octroyé. Il est recommandé d'émettre cette demande suffisamment à l'avance pour pouvoir la renvoyer à nouveau au moins deux fois si aucune réponse n'est reçue."

Si des sessions de transmission en monodiffusion sont annulées selon la procédure prévue au paragraphe 16.1.1 de la norme [IEEE 1588], une horloge PTP annulant plusieurs types de messages PTP peut utiliser soit un seul message *Signaling* contenant plusieurs demandes TLV, soit plusieurs messages *Signaling*. Les horloges pilotes et asservies conformes au présent profil doivent pouvoir prendre en charge ces deux cas de figure.

L'horloge PTP qui annule la session peut annuler les différents types de services soit par un seul message *Signaling* contenant plusieurs demandes TLV de type CANCEL_UNICAST_TRANSMISSION, soit par plusieurs messages *Signaling* indépendants (chacun contenant une seule demande TLV CANCEL_UNICAST_TRANSMISSION). L'horloge PTP qui reçoit les demandes d'annulation peut répondre soit par un seul message *Signaling* contenant plusieurs demandes TLV de type ACKNOWLEDGE_CANCEL_UNICAST_TRANSMISSION, soit par plusieurs messages *Signaling* indépendants (chacun contenant une seule demande TLV ACKNOWLEDGE_CANCEL_UNICAST_TRANSMISSION).

NOTE 2 – Le drapeau "*renewal invited*" (renouvellement d'invitation) défini au paragraphe 16.1.4.2.6 de la norme [IEEE 1588] n'est pas employé dans le présent profil.

6.7 Variante de l'algorithme BMCA, modèle d'horloge asservie pour les télécommunications et processus de choix de l'horloge pilote

On trouvera aux paragraphes suivants la description d'une variante de l'algorithme BMCA pour trouver la meilleure horloge pilote (BMC), ainsi que d'un modèle d'horloge asservie pour les télécommunications et d'un processus permettant de choisir l'horloge pilote associée.

6.7.1 Variante de l'algorithme BMCA

Une variante de l'algorithme BMCA pour trouver la meilleure horloge pilote a été définie dans le cadre du présent profil de télécommunication.

Cette variante de l'algorithme est définie dans les paragraphes ci-dessous pour les horloges pilotes et asservies.

6.7.1.1 Variante de l'algorithme BMCA pour l'horloge pilote en mode paquet

Aux fins du présent profil, on emploie une horloge pilote en mode paquet pour remplir la fonction d'horloge pilote principale au sens du paragraphe 9.4 de la norme [IEEE 1588].

Il convient de considérer que les différentes horloges pilotes pouvant être déployées sur le réseau sont chacune dans un domaine PTP différent (chaque pilote étant seul dans son domaine PTP).

Dès lors, pour toute horloge pilote en mode paquet, le résultat de la variante de l'algorithme BMCA est statique; il fournit une recommandation d'état égale à BMC_MASTER et un code de décision d'état égal à M1.

Comme nous l'avons observé au paragraphe 6.2.1 (domaines), en mode monodiffusion, cette séparation des domaines PTP entre les différentes horloges pilotes est assurée par le réseau, qui isole chaque pilote dans un domaine PTP distinct. Il n'est pas nécessaire d'assurer cette séparation en

utilisant des numéros de domaine PTP différents, car cette solution exigerait de l'opérateur qu'il attribue à chaque pilote PTP son propre numéro de domaine PTP:

- Il n'y a donc qu'une seule horloge pilote active dans chaque domaine, et toutes les horloges pilotes sont actives.
- Les horloges pilotes PTP n'échangent pas de message *Announce* en mode monodiffusion.

En mode multidiffusion, cette séparation des domaines PTP entre les horloges pilotes doit faire l'objet d'un complément d'étude.

La Figure 2 illustre l'architecture décrite ci-dessus du point de vue de l'horloge pilote. Dans cet exemple, il y a N domaines.

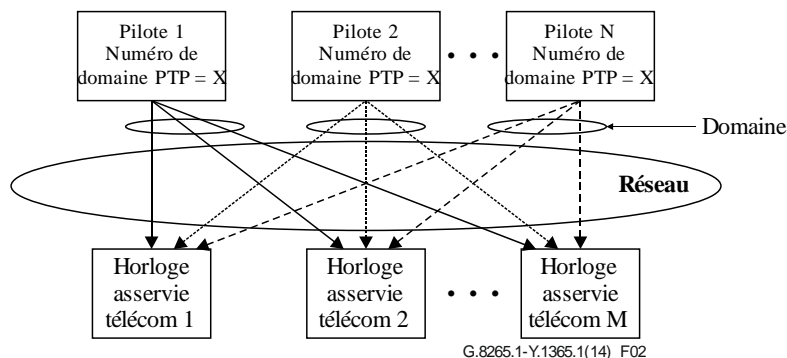


Figure 2 – Chaque horloge pilote est active et considérée comme isolée dans un domaine PTP distinct sur le réseau

6.7.1.2 Variante de l'algorithme BMCA pour une horloge en mode asservi uniquement

Comme nous l'avons indiqué au précédent paragraphe, chaque horloge pilote se trouve dans un domaine PTP différent. Toute horloge asservie écoutant plusieurs pilotes participe donc à plusieurs domaines PTP.

À cette fin, elle peut se composer de plusieurs instances d'horloge PTP en mode asservi uniquement (SOOC) au sens du paragraphe 6.7.2. Au sein d'une même horloge asservie, toutes les instances SOOC ont le même numéro de domaine PTP.

Pour toute instance SOOC d'une horloge asservie, le résultat de la variante de l'algorithme BMCA est statique; il fournit une recommandation d'état égale à BMC_SLAVE et un code de décision d'état égal à S1.

6.7.2 Modèle d'horloge asservie pour choisir l'horloge pilote

Le modèle d'horloge asservie prévoit que toute horloge asservie en mode paquet dispose de fonctions lui permettant de prendre en charge le présent profil destiné aux télécommunications. Il comporte notamment un processus de choix de l'horloge pilote, qui est défini au paragraphe 6.7.3.

NOTE 1 – Le traitement des horodates et la production des signaux d'horloge requis doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

Le modèle d'horloge asservie se compose de plusieurs instances d'horloge PTP ordinaire fonctionnant en mode asservi uniquement. Chacune d'elle participe à un seul domaine PTP, communique avec une seule horloge pilote et doit ignorer tout message PTP reçu d'un autre pilote.

NOTE 2 – L'horloge asservie peut par exemple mettre en œuvre plusieurs instances du protocole PTP; d'autres modèles sont également possibles, dès lors que le comportement général de l'horloge est préservé. Ces multiples instances d'horloge ordinaire PTP, en mode asservi uniquement, constituent des "séparations logiques" et n'exigent pas de mise en œuvre particulière (ainsi, il n'est pas nécessaire de disposer de matériel dédié à chaque instance d'horloge). Elles ont principalement pour but de conserver plusieurs ensembles de

données (un par instance d'horloge ordinaire). Les attributs des ensembles de données destinés aux horloges ordinaires peuvent pour la plupart être communs à une mise en œuvre donnée; le principal attribut qui doit être différent est parentDS, car il contient des informations sur l'horloge pilote en mode paquet.

NOTE 3 – L'emploi de ce modèle d'horloge asservie en mode mixte monodiffusion/multidiffusion ou en mode monodiffusion statique doit faire l'objet d'un complément d'étude.

À titre d'exemple, on trouvera à la Figure 3 un modèle d'horloge asservie pour les télécommunications présentant N instances du protocole PTP. Il ne faut toutefois pas en déduire que cet exemple correspond à des exigences de mise en œuvre.

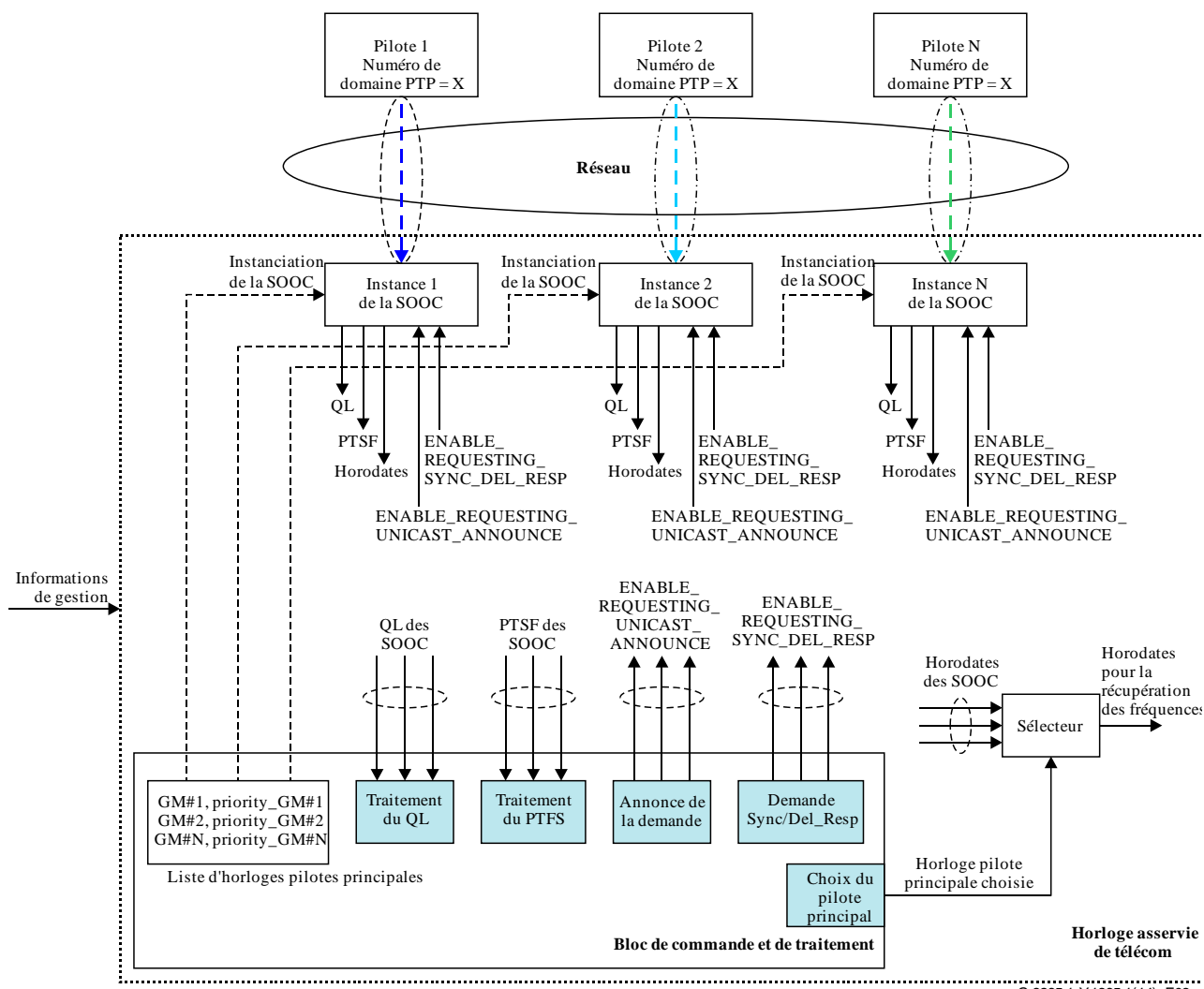


Figure 3 – Modèle d'horloge asservie dans le contexte des télécommunications

Ce modèle d'horloge asservie comporte plusieurs fonctions qui sont décrites ci-après. À noter que les instances de SOOC sont les seules fonctions faisant partie du protocole PTP; toutes les autres fonctions se situent en-dehors de celui-ci. La gestion des fonctions de ce modèle et la gestion générale du protocole PTP doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

Liste d'horloges pilotes principales: Liste des horloges pilotes principales avec lesquelles une horloge asservie peut communiquer. Cette liste contient N entrées permettant d'instancier des horloges ordinaires en mode asservi uniquement (chaque entrée de la liste correspondant à une SOOC particulière). Toute entrée de cette liste est assortie d'une priorité locale de l'horloge pilote principale. Les priorités locales permettent de choisir le pilote. L'alimentation de la liste d'horloges pilotes principales et l'attribution des priorités s'effectuent au moyen des commandes de gestion.

Instance de SOOC: On emploie une horloge ordinaire en mode asservi uniquement pour communiquer avec l'horloge pilote principale à laquelle elle est associée. La SOOC indique en sortie le niveau de qualité (QL) et le signal de synchronisation par paquets défaillant (PTSF) (voir le paragraphe 6.7.3.2). Ces éléments sont envoyés au bloc de commande et de traitement pour choisir l'horloge pilote; parallèlement, les horodates sont envoyées au sélecteur. La SOOC conserve par ailleurs des ensembles de données pertinents (par exemple l'attribut parentDS de l'horloge pilote principale). Elle reçoit en entrée les signaux ENABLE_REQUESTING_UNICAST_ANNOUNCE et ENABLE_REQUESTING_UNICAST_SYNC/DEL_RESP, qui lui sont envoyés par le bloc de commande et de traitement. Ces signaux permettent d'envoyer les messages *Signaling* à l'horloge pilote principale pour demander la transmission en monodiffusion des messages *Announce* et *Sync/Delay_Resp*.

NOTE 4 – Les signaux ENABLE_REQUESTING_UNICAST_ANNOUNCE et ENABLE_REQUESTING_UNICAST_SYNC/DEL_RESP sont à usage interne et servent à expliquer le comportement de l'horloge asservie de télécommunication.

Bloc de commande et de traitement: Ce bloc sert à traiter les données QL et PTSF ainsi que les informations de priorité reçues en entrée. Il permet aussi de commander le sélecteur et d'acheminer en sortie les signaux ENABLE_REQUESTING_UNICAST_ANNOUNCE et ENABLE_REQUESTING_UNICAST_SYNC/DEL_RESP vers les instances de SOOC.

Les données QL et PTSF et les informations de priorité permettent de déterminer quelle horloge pilote principale va être employée pour récupérer la fréquence en fonction du processus de choix du pilote défini au paragraphe 6.7.3. L'horloge pilote principale choisie est indiquée au sélecteur.

Le signal ENABLE_REQUESTING_UNICAST_ANNOUNCE est envoyé en sortie aux instances de SOOC pour permettre à l'horloge pilote principale d'envoyer la valeur QL en réponse à la demande de messages *Announce*. Le signal ENABLE_REQUESTING_UNICAST_SYNC/DEL_RESP est envoyé en sortie aux instances de SOOC pour permettre de demander des messages *Sync* (et des messages *Delay_Resp* dans le cas d'horloges asservies bidirectionnelles). On détermine dans chaque mise en œuvre si l'on autorise ou non l'envoi de ces signaux.

Bloc sélecteur: Le bloc sélecteur permet de transmettre les horodates des horloges pilotes principales choisies pour récupérer la fréquence.

6.7.3 Processus de choix de l'horloge pilote

Le processus de choix de l'horloge pilote est exclu du champ d'application du protocole PTP tel que défini dans la norme [IEEE 1588]. Le pilote est choisi dans une liste alimentée localement d'horloges pilotes principales assorties de leur priorité respective (comme indiqué au paragraphe 6.7.2).

Les paramètres suivants sont notamment pris en compte dans le processus de choix du pilote:

- Le niveau de qualité.
- Le signal de synchronisation par paquets défaillant (PTSF-lossSync, PTSF-lossAnnounce, PTSF-unusable).
- Le degré de priorité.

Le niveau de qualité figure dans l'attribut clockClass; il est acheminé dans les messages *Announce* du pilote candidat (on trouvera au paragraphe 6.7.3.1 de plus amples détails sur la relation entre le niveau de qualité et l'attribut clockClass). Les paramètres du signal de synchronisation par paquets défaillant sont décrits au paragraphe 6.7.3.2, et la priorité est maintenue localement dans l'horloge asservie.

L'algorithme choisit la référence dotée du niveau de qualité le plus élevé qui ne se trouve pas en situation de défaillance (signalée par les messages PTSF-lossSync ou PTSF-lossAnnounce).

NOTE 1 – La situation de défaillance signalée par le message PTSF-unusable doit faire l'objet d'un complément d'étude; elle peut notamment déclencher le choix d'une nouvelle horloge pilote dans certains cas, ou placer un commutateur en mode maintien.

Si le niveau de qualité maximal est commun à plusieurs entrées, l'algorithme choisit l'entrée dont le degré de priorité est le plus élevé. Lorsque le niveau de qualité et le degré de priorité les plus élevés sont communs à plusieurs entrées, on conserve la source de référence choisie qui est déjà en vigueur si elle fait partie du groupe concerné; sinon une source de référence est choisie de façon arbitraire dans ce même groupe.

NOTE 2 – L'algorithme de sélection précité décrit le choix de signaux de synchronisation par paquets. La comparaison de la fréquence récupérée avec la fréquence de l'horloge d'équipement locale est exclue du domaine d'application de la présente Recommandation. L'horloge d'équipement peut ne choisir aucune référence extérieure et se placer en mode maintien (par exemple lorsque la qualité de l'horloge d'équipement locale est supérieure au niveau de qualité le plus élevé envoyé par les pilotes).

NOTE 3 – Quand aucune donnée d'entrée n'a pu être choisie, par exemple lorsque tous les pilotes sont en situation de défaillance, le comportement normal d'une horloge consiste soit à se placer en mode maintien si le signal entrant est perdu, soit à rester en mode de fonctionnement sans asservissement si aucun signal n'est présent. Ces situations sont exclues du domaine d'application de la présente Recommandation.

Le comportement par défaut pour passer d'un pilote à l'autre (par exemple lorsque le signal a été perdu ou que le niveau de qualité a temporairement baissé) est réversible. Une fois que le signal ou le niveau de qualité est rétabli, l'horloge asservie de télécommunication doit revenir à l'horloge pilote ayant la priorité la plus élevée.

6.7.3.1 Mappage entre les niveaux de qualité des SSM et la catégorie d'horloges PTP

On trouvera dans le Tableau 1 les valeurs de mappage entre les niveaux de qualité des messages d'état de synchronisation (SSM) et l'attribut clockClass du protocole PTP. Cet attribut sert à transmettre le niveau de qualité des SSM de l'horloge pilote en mode paquet à l'horloge asservie en mode paquet.

NOTE – Le Tableau 1 reprend les trois options définies dans la version actuelle de la Recommandation [UIT-T G.781]. Lorsqu'on déploie un réseau particulier, il faut veiller à configurer les horloges pilotes en mode paquet et les horloges asservies de manière à ce qu'elles utilisent la même option.

Tableau 1 – Mappage entre les niveaux de qualité et les valeurs de l'attribut clockClass du protocole PTP

Niveau de qualité du SSM	UIT-T G.781			Attribut clockClass du protocole PTP
	Option I	Option II	Option III	
0001		QL-PRS		80
0000		QL-STU	QL-UNK	82
0010	QL-PRC			84
0111		QL-ST2		86
0011				88
0100	QL-SSU-A	QL-TNC		90
0101				92
0110				94
1000	QL-SSU-B			96
1001				98
1101		QL-ST3E		100
1010		QL-ST3/ QL-EEC2		102

Tableau 1 – Mappage entre les niveaux de qualité et les valeurs de l'attribut clockClass du protocole PTP

Niveau de qualité du SSM	UIT-T G.781			Attribut clockClass du protocole PTP
	QL-SEC/ QL-EEC1		QL-SEC	
1011				104
1100		QL-SMC		106
1110		QL-PROV		108
1111	QL-DNU	QL-DUS		110

6.7.3.2 Signal de synchronisation par paquets défaillant

Le présent paragraphe contient une définition de la notion de signal de synchronisation par paquets défaillant (PTSF). Ce signal indique une défaillance du signal de synchronisation par paquet (au sens du protocole PTP) reçu par l'horloge asservie.

Trois types de signaux PTSF peuvent être envoyés dans la mise en œuvre d'une horloge asservie:

- [PTSF-lossSync], absence de réception des messages de synchronisation PTP envoyés par le pilote (perte du signal de synchronisation par paquet): si l'horloge asservie ne reçoit plus de messages de synchronisation de la part d'un pilote (c'est-à-dire des messages *Sync*, puis *Follow_up* et *Delay_Resp*), un signal PTSF-lossSync associé à ce pilote doit être émis. L'horloge asservie doit respecter un temps d'attente de ces messages de synchronisation (par exemple "syncReceiptTimeout" et "delayRespReceiptTimeout") avant d'envoyer le signal PTSF-lossSync (la plage et la valeur par défaut de ce temps d'attente doivent faire l'objet d'un complément d'étude).
- [PTSF-lossAnnounce], absence de réception des messages PTP *Announce* envoyés par le pilote (perte de la voie acheminant les informations de traçabilité): si l'horloge asservie ne reçoit plus de messages *Announce* de la part d'un pilote, un signal PTSF-lossAnnounce associé à ce pilote doit être émis. L'horloge asservie doit respecter un temps d'attente de ces messages *Announce* avant d'envoyer le signal PTSF-lossAnnounce. Ce temps d'attente correspond à l'attribut "announceReceiptTimeout" défini au paragraphe 7.7.3.1 de la norme [IEEE 1588].
- [PTSF-unusable], l'horloge asservie a reçu un signal PTP de synchronisation par paquet inutilisable car il dépasse la limite de tolérance en entrée de cette horloge (signal de bruit dans la synchronisation par paquet): si l'horloge asservie ne peut utiliser le signal PTP de synchronisation par paquet pour atteindre la qualité de fonctionnement recherchée (par exemple si ce signal viole la limite de tolérance de l'horloge asservie en raison d'un bruit excessif dans la variation du temps de transfert des paquets (PDV)), un signal PTSF-unusable associé au pilote doit être émis. Les critères à appliquer pour déterminer que le signal de synchronisation des paquets est inutilisable doivent faire l'objet d'un complément d'étude (on pourra par exemple examiner les critères liés à la variation PDV observée dans le signal de synchronisation des paquets lorsque celui-ci traverse le réseau pour aller de l'horloge pilote à l'horloge asservie).

Lorsqu'un signal PTSF est envoyé, il convient de prendre les mesures suivantes:

- Quand le signal PTSF (PTSF-lossSync, PTSF-lossAnnounce ou PTSF-unusable) est émis, on considère que le pilote associé au signal de synchronisation défaillant est impossible à joindre ou qu'il est défaillant, ou encore que la qualité s'est détériorée en raison par exemple d'une variation PDV excessive.
- Si le signal émis est PTSF-lossSync ou PTSF-lossAnnounce: l'horloge asservie doit si possible choisir une autre horloge pilote pour se synchroniser, ou doit sinon passer en mode maintien.
- Si le signal émis est PTSF-unusable: les mesures à prendre dépendent de chaque mise en œuvre et doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

6.8 Fonctions de protection supplémentaires

Les fonctions architecturales suivantes sont définies dans la Recommandation [UIT-T G.8265].

6.8.1 Fonction de verrouillage – Exclusion temporaire de l'horloge pilote

Il doit être possible, dans l'horloge asservie, d'exclure temporairement une horloge pilote figurant dans une liste d'horloges pilotes principales (fonction de verrouillage).

6.8.2 Fonction temps d'attente avant rétablissement de l'horloge asservie

Un temps d'attente avant rétablissement doit être mis en œuvre dans l'horloge asservie.

La plage de ce temps d'attente doit faire l'objet d'un complément d'étude.

6.8.3 Fonction mode irréversible de l'horloge asservie

Dans le cadre du processus de choix de l'horloge pilote, un mode irréversible peut, à titre facultatif, être mis en œuvre dans l'horloge asservie.

6.8.4 Fonction traçabilité forcée de l'horloge pilote

La configuration doit permettre de forcer la valeur du niveau de qualité du message SSM à l'entrée de l'horloge pilote principale.

Si le signal de synchronisation servant de référence à l'horloge pilote principale n'a acheminé aucun message SSM (par exemple un signal de 2 MHz), on peut forcer une valeur donnée du niveau de qualité du message SSM avant de mapper celui-ci dans l'attribut clockClass. L'horloge pilote principale peut acheminer cette valeur dans les messages *Announce*.

Ces mises en œuvre de réseau et ces scénarios devront être définis par l'opérateur au cas par cas. Ils dépendent dans une large mesure de l'architecture choisie par celui-ci.

6.8.5 Fonction de mise en attente du niveau de qualité dans l'horloge asservie en mode paquet

Lorsque la qualité de fonctionnement en mode maintien de l'horloge asservie est suffisante, il doit être possible de retarder la transmission de la valeur du niveau de qualité à la sortie des horloges asservies. Cette méthode permet à l'opérateur de limiter la commutation en aval de l'architecture dans certaines mises en œuvre de réseau lorsque la traçabilité à l'horloge pilote en mode paquet n'est plus possible.

Ces mises en œuvre de réseau et ces scénarios devront être définis par l'opérateur au cas par cas. Ils dépendent dans une large mesure de l'architecture choisie par celui-ci.

La qualité de l'oscillateur employé en mode maintien doit faire l'objet d'un complément d'étude.

La durée de la période de maintien doit faire l'objet d'un complément d'étude.

6.8.6 Fonction d'inhibition en sortie d'horloge asservie

Dans le cas où l'horloge asservie fournit une interface externe de synchronisation en sortie (par exemple 2 MHz), une fonction d'inhibition doit être mise en œuvre.

Il doit être possible de configurer l'horloge asservie de telle sorte que lorsque toutes les horloges pilotes principales avec lesquelles elle peut communiquer se trouvent en défaillance (par exemple lorsque les niveaux de qualité reçus sont tous inférieurs à un certain seuil, ou que les conditions sont réunies pour envoyer un signal PTSF), le signal de synchronisation en sortie puisse être coupé).

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

Tous les aspects de cette fonction doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

7 Profil UIT-T du protocole PTP pour la distribution de la fréquence sans prise en charge de la synchronisation par le réseau

Le profil défini dans la norme [IEEE 1588] pour prendre en charge la distribution de la fréquence en mode monodiffusion est présenté dans l'Annexe A.

8 Aspects relatifs à la sécurité

Les aspects relatifs à la sécurité doivent faire l'objet d'un complément d'étude. Voir également la Recommandation [UIT-T G.8265].

Annexe A

Profil UIT-T du protocole PTP pour la distribution de la fréquence sans prise en charge de la synchronisation par le réseau (mode monodiffusion)

(Cette Annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation.)

La présente Annexe contient la description d'un profil pour la distribution de la fréquence dans le contexte des télécommunications; ce profil est conforme aux exigences de la norme [IEEE 1588]. Pour pouvoir déclarer la conformité à ce profil, il faut respecter à la fois les exigences énoncées dans cette Annexe et celles énoncées dans le corps de la présente Recommandation.

A.1 Identification du profil

profileName: profil UIT-T du protocole PTP pour la distribution de la fréquence sans prise en charge de la synchronisation par le réseau (mode monodiffusion)

profileVersion: 1.2

profileIdentifier: 00-19-A7-00-01-02

Ce profil est défini par l'UIT-T.

Il est possible d'en obtenir un exemplaire sur le site www.itu.int.

A.2 Valeurs des attributs PTP

Les valeurs par défaut et les plages de valeurs des attributs PTP à utiliser dans ce profil figurent dans les Tableaux A.1, A.2, A.3, A.4 et A.5.

Les attributs qui ne sont pas définis dans le présent profil doivent utiliser les valeurs d'initialisation par défaut et les plages prévues dans la norme [IEEE 1588].

Tableau A.1 – Spécifications des membres de l'ensemble de données defaultDS

Paragraphe de la norme [IEEE 1588]	Membres de l'ensemble de données	Exigences pour l'horloge pilote en mode paquet		Exigences pour l'horloge en mode asservi uniquement	
		Valeur par défaut	Plage	Valeur par défaut	Plage
8.2.1.2.1	defaultDS.twoStepFlag (statique)	Cf. PTP	{FALSE, TRUE}	Cf. PTP	{FALSE, TRUE }
8.2.1.2.2	defaultDS.clockIdentity (statique)	Cf. PTP, sur la base du format EUI-64	Cf. PTP	Cf. PTP, sur la base du format EUI-64	Cf. PTP
8.2.1.2.3	defaultDS.numberPorts (statique)	1	{1}	1	{1}
8.2.1.3.1.1	defaultDS.clockQuality.clockClass (dynamique)	Note 2	{80-110}	255	{255}
8.2.1.3.1.2	defaultDS.clockQuality.clockAccuracy (dynamique)	Cf. PTP Note 3	Cf. PTP Note 3	Note 1	Note 1

Tableau A.1 – Spécifications des membres de l'ensemble de données defaultDS

Paragraphe de la norme [IEEE 1588]	Membres de l'ensemble de données	Exigences pour l'horloge pilote en mode paquet		Exigences pour l'horloge en mode asservi uniquement	
		Valeur par défaut	Plage	Valeur par défaut	Plage
8.2.1.3.1.3	defaultDS.clockQuality.offsetScaledLogVariance (dynamique)	Note 1	Note 1	Note 1	Note 1
8.2.1.4.1	defaultDS.priority1 (configurable)	Note 1	Note 1	Note 1	Note 1
8.2.1.4.2	defaultDS.priority2 (configurable)	Note 1	Note 1	Note 1	Note 1
8.2.1.4.3	defaultDS.domain Number (configurable)	4	{4-23}	4	{4-23}
8.2.1.4.4	defaultDS.slaveOnly (configurable)	FALSE	{FALSE}	TRUE	{TRUE}
<p>NOTE 1 – Cf. PTP, sans objet pour ce profil.</p> <p>NOTE 2 – La valeur par défaut devrait correspondre au niveau de qualité de l'horloge pilote en mode maintien. Le mode maintien de l'horloge pilote est exclu de la portée de la présente Recommandation. Les valeurs de l'attribut clockClass sont indiquées dans le Tableau 1.</p> <p>NOTE 3 – Lorsque l'horloge pilote principale PTP est syntonisée avec une horloge de référence primaire pour obtenir la fréquence, mais qu'elle n'est pas synchronisée avec une source de temps de référence, elle doit attribuer au champ defaultDS.clockQuality.clockAccuracy la valeur 0xFE, "UNKNOWN" ("inconnue").</p>					

Tableau A.2 – Spécifications des membres de l'ensemble de données currentDS

Paragraphe de la norme [IEEE 1588]	Membres de l'ensemble de données	Exigences pour l'horloge pilote		Exigences pour l'horloge asservie	
		Valeur par défaut	Plage	Valeur par défaut	Plage
8.2.2.2	currentDS.stepsRemoved (dynamique)	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP
8.2.2.3	currentDS.offsetFromMaster (dynamique)	Note	Note	Note	Note
8.2.2.4	currentDS.meanPathDelay (dynamique)	Note	Note	Note	Note
NOTE – Cf. PTP, sans objet pour ce profil.					

Tableau A.3 – Spécifications des membres de l'ensemble de données parentDS

Paragraphe de la norme [IEEE 1588]	Membres de l'ensemble de données	Exigences pour l'horloge pilote		Exigences pour l'horloge asservie	
		Valeur par défaut	Plage	Valeur par défaut	Plage
8.2.3.2	parentDS.parentPort Identity (dynamique)	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP
8.2.3.3	parentDS.parentStats (dynamique)	Note 1	Note 1	Note 1	Note 1
8.2.3.4	parentDS.observed ParentOffsetScaled LogVariance (dynamique)	Note 1	Note 1	Note 1	Note 1
8.2.3.5	parentDS.observed ParentClockPhase ChangeRate (dynamique)	Note 1	Note 1	Note 1	Note 1
8.2.3.6	parentDS.grandmaster Identity (dynamique)	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP
8.2.3.7	parentDS.grandmasterClockQuality (dynamique)	Cf. PTP Note 2	Cf. PTP Note 2	Cf. PTP Note 2	Cf. PTP Note 2
8.2.3.8	parentDS.grandmasterPriority1 (dynamique)	Note 1	Note 1	Note 1	Note 1
8.2.3.9	parentDS.grandmasterPriority2 (dynamique)	Note 1	Note 1	Note 1	Note 1
NOTE 1 – Cf. PTP, sans objet pour ce profil.					
NOTE 2 – Dans ce profil, seul l'attribut clockClass de cette structure est employé pour choisir l'horloge pilote, conformément au paragraphe 6.7.3.					

Tableau A.4 – Spécifications des membres de l'ensemble de données timePropertiesDS

Paragraphe de la norme [IEEE 1588]	Membres de l'ensemble de données	Exigences pour l'horloge pilote		Exigences pour l'horloge asservie	
		Valeur par défaut	Plage	Valeur par défaut	Plage
8.2.4.2	timePropertiesDS.current UtcOffset (dynamique)	Note 1	Note 1	Note 1	Note 1
8.2.4.3	timePropertiesDS.current UtcOffsetValid (dynamique)	Note 1	Note 1	Note 1	Note 1
8.2.4.4	timePropertiesDS.leap59 (dynamique)	Note 1	Note 1	Note 1	Note 1

Tableau A.4 – Spécifications des membres de l'ensemble de données timePropertiesDS

Paragraphe de la norme [IEEE 1588]	Membres de l'ensemble de données	Exigences pour l'horloge pilote		Exigences pour l'horloge asservie	
8.2.4.5	timePropertiesDS.leap61 (dynamique)	Note 1	Note 1	Note 1	Note 1
8.2.4.6	timePropertiesDS.time Traceable (dynamique)	Note 1	Note 1	Note 1	Note 1
8.2.4.7	timePropertiesDS.frequencyTraceable (dynamique)	FALSE	{FALSE, TRUE} Note 2	FALSE	{FALSE, TRUE} Note 2
8.2.4.8	timePropertiesDS.ptp Timescale (dynamique)	Cf. PTP Note 3	Cf. PTP Note 3	Cf. PTP	Cf. PTP
8.2.4.9	timePropertiesDS.time Source (dynamique)	Note 1	Note 1	Note 1	Note 1

NOTE 1 – Cf. PTP, sans objet pour ce profil.

NOTE 2 – Si l'horloge est traçable à une horloge de référence primaire, ce paramètre doit être mis à TRUE, sinon il doit être à FALSE. Ce paramètre n'est pas employé par la variante de l'algorithme BMCA. Le drapeau n'est fourni qu'à titre d'information, par exemple à l'intention de l'opérateur du réseau.

NOTE 3 – Lorsque l'horloge pilote principale PTP est syntonisée avec une horloge de référence primaire pour obtenir la fréquence, mais qu'elle n'est pas synchronisée avec une source de temps de référence, elle doit attribuer au champ timePropertiesDS.ptpTimescale la valeur FALSE. Cette valeur indique que l'échelle de temps employée est arbitraire (ARB).

Lorsqu'elle fonctionne normalement, une horloge pilote principale conforme à la présente Recommandation ne remet pas l'heure historique à zéro et n'introduit pas de discontinuité dans l'échelle de temps générale pendant qu'elle est en fonction.

Si aucune horloge pilote principale n'a accès à la phase en entrée pour aligner son heure historique sur une référence commune, le fait d'employer une échelle de temps arbitraire peut entraîner une situation dans laquelle plusieurs horloges pilotes principales actives intègrent des valeurs d'horodatage extrêmement différentes dans leurs paquets Sync ou Follow_Up (T1) ou dans leurs paquets Delay_Resp (T4). Une même horloge asservie peut ainsi recevoir des informations de ces pilotes principaux avec des horodates différentes.

Tableau A.5 – Spécifications des membres de l'ensemble de données portDS

Paragraphe de la norme [IEEE 1588]	Membres de l'ensemble de données	Exigences pour l'horloge pilote		Exigences pour l'horloge asservie	
		Valeur par défaut	Plage	Valeur par défaut	Plage
8.2.5.2.1	portDS.portIdentity.clock Identity (statique)	Cf. PTP, sur la base du format EUI-64	Cf. PTP	Cf. PTP, sur la base du format EUI-64	Cf. PTP
8.2.5.2.1	portDS.portIdentity.port Number (statique)	1	{1}	1	{1}
8.2.5.3.1	portDS.portState (dynamique)	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP
8.2.5.3.2	portDS.logMinDelayReq Interval (dynamique)	Note 1	Note 1	Note 1	Note 1
8.2.5.3.3	portDS.peerMeanPath Delay (dynamique)	Note 1	Note 1	Note 1	Note 1
8.2.5.4.1	portDS.logAnnounce Interval (configurable)	Note 1	Note 1	Note 1	Note 1
8.2.5.4.2	portDS.announceReceiptT imeout (configurable)	2	{2}	Cf. PTP	Cf. PTP
8.2.5.4.3	portDS.logSyncInterval (configurable)	Note 1	Note 1	Note 1	Note 1
8.2.5.4.4	portDS.delayMechanism (configurable)	01 Note 2	{01} Note 2	'01' pour une horloge asservie bidirectionnelle, et 'FE' pour une horloge asservie unidirectionnelle	{01, FE}
8.2.5.4.5	portDS.logMinPdelay ReqInterval (configurable)	Note 1	Note 1	Note 1	Note 1
8.2.5.4.6	portDS.versionNumber (configurable)	2	{2}	2	{2}
NOTE 1 – Cf. PTP, sans objet pour ce profil.					
NOTE 2 – L'horloge pilote doit prendre en charge le mode bidirectionnel.					

A.3 Options PTP

A.3.1 Types de nœud requis, permis ou interdits

Dans le présent profil, les types de nœuds requis sont les suivants: horloges ordinaires.

Dans le présent profil, les types de nœuds interdits sont les suivants: horloges en limite et horloges transparentes.

A.3.2 Mécanismes de transport requis, permis ou interdits

Dans le présent profil, le mécanisme de transport UDP/IPv4 défini dans l'Annexe D de la norme [IEEE 1588] est requis. L'octet 0 du champ transportSpecific doit être mis à zéro.

Dans le présent profil, le mécanisme de transport UDP/IPv6 défini dans l'Annexe E de la norme [IEEE 1588] est permis.

A.3.3 Messages monodiffusés

Tous les messages sont envoyés en mode monodiffusion.

NOTE – Dans le présent profil de télécommunication, la négociation en monodiffusion est activée par défaut.

L'horloge asservie ouvre la session en suivant la procédure de négociation du message monodiffusé définie au paragraphe 16.1 de la norme [IEEE 1588].

A.3.4 DEMANDE TLV DE TYPE REQUEST_UNICAST_TRANSMISSION

La valeur du champ logInterMessagePeriod est le logarithme, en base 2, de la durée moyenne demandée, en secondes, entre les messages monodiffusés demandés.

Pour demander des messages *Announce* monodiffusés: la plage configurable se situe entre un message toutes les 16 secondes et huit messages par seconde. La valeur d'initialisation par défaut du champ logInterMessagePeriod est -1 (un message toutes les deux secondes).

Pour demander des messages *Sync* monodiffusés: la plage configurable se situe entre un message toutes les 16 secondes et 128 messages par seconde. Aucun débit n'est défini par défaut.

Pour demander des messages *Delay_Resp* monodiffusés: la plage configurable se situe entre un message toutes les 16 secondes et 128 messages par seconde. Aucun débit n'est défini par défaut.

Dans chaque demande TLV REQUEST_UNICAST_TRANSMISSION, la valeur du champ durationField a une valeur d'initialisation par défaut de 300 secondes. La plage configurable se situe entre 60 secondes et 1000 secondes.

NOTE 1 – Pour répondre aux exigences de qualité de fonctionnement souhaitées, une horloge asservie mise en œuvre pour un fonctionnement normal peut ne prendre en charge qu'un sous-ensemble des débits de transmission de messages à l'intérieur des plages indiquée plus haut. En revanche, une horloge pilote doit prendre en charge toute la plage des débits de transmission. Sauf indication contraire de la mise en œuvre, on considère par hypothèse que la valeur employée est la valeur par défaut indiquée plus haut.

NOTE 2 – Une mise en œuvre particulière de l'horloge asservie peut ne prendre en charge qu'un sous-ensemble des valeurs du champ durationField au sein de la plage indiquée plus haut. Sauf indication contraire de la mise en œuvre, on considère par hypothèse que la valeur employée est la valeur par défaut indiquée plus haut.

Le maintien et la configuration de ces valeurs par défaut ainsi que les valeurs de la plage de configuration sont propres à chaque mise en œuvre.

A.3.5 DEMANDE TLV DE TYPE GRANT_UNICAST_TRANSMISSION

Lorsque le mécanisme d'une demande TLV de type GRANT_UNICAST_TRANSMISSION est mis en œuvre, les valeurs accordées doivent être identiques à celles qui ont été reçues dans la demande TLV REQUEST_UNICAST_TRANSMISSION, dès lors que les demandes se trouvent dans la plage configurable.

A.4 Options pour l'algorithme de la meilleure horloge pilote (BMCA)

L'algorithme de la meilleure horloge pilote (BMCA) défini dans la norme [IEEE 1588] n'est pas employé dans le présent profil. Le processus de choix de l'horloge est décrit au paragraphe 6.7.

Pour une horloge pilote principale, le résultat de la variante de l'algorithme BMCA est statique; il fournit une recommandation d'état égale à BMC_MASTER et un code de décision d'état égal à M1.

Pour une horloge ordinaire en mode asservi uniquement, le résultat de la variante de l'algorithme BMCA est statique; il fournit une recommandation d'état égale à BMC_SLAVE et un code de décision d'état égal à S1.

A.5 Option pour la mesure du temps de propagation (mécanisme de demande/réponse)

Le mécanisme de demande/réponse du temps de propagation peut être utilisé dans le présent profil. En revanche, le mécanisme concernant le temps de propagation entre homologues ne doit pas être utilisé.

A.6 Options pour la gestion de la configuration

Les aspects de gestion seront définis dans une future version du présent profil.

A.7 Format d'identité de l'horloge

Le format EUI-64 de l'IEEE employé pour générer l'identité de l'horloge doit être pris en charge conformément au paragraphe 7.5.2.2.2 de la norme [IEEE 1588]. Tout format différent de l'EUI n'est pas pris en charge.

A.8 Drapeaux employés dans le présent profil

Les drapeaux employés dans le présent profil sont indiqués dans le Tableau A.6.

Tableau A.6 – Drapeaux PTP

Drapeau	Valeur
alternateMasterFlag	FALSE
unicastFlag	TRUE
PTP profile Specific 1	FALSE
PTP profile Specific 2	FALSE
Reserved	FALSE

NOTE – Le drapeau "*renewal invited*" (renouvellement d'invitation) défini au paragraphe 16.1.4.2.6 de la norme [IEEE 1588] n'est pas employé dans le présent profil; il prend la valeur FALSE.

A.9 Champ de commande (controlField)

Le champ controlField de l'en-tête PTP habituel n'est pas employé dans le présent profil et doit être ignoré par le récepteur.

Appendice I

Utilisation du mode mixte monodiffusion/multidiffusion pour les messages PTP

(Cet Appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation.)

Le profil présenté dans l'Annexe A concerne un fonctionnement en mode monodiffusion pour la distribution de la fréquence sans synchronisation par le réseau. Le protocole PTP a été essentiellement conçu pour fonctionner en mode multidiffusion. Le présent Appendice traite de la possibilité d'employer le PTP en mode multidiffusion dans un environnement destiné aux télécommunications.

Suivant la manière dont le mode multidiffusion est utilisé dans un réseau, il n'est pas nécessairement judicieux de l'employer pour les messages PTP *Delay_Req* et *Delay_Resp* dans un environnement destiné aux télécommunications. Dans certains cas, cet emploi pourrait entraîner une duplication de ces messages qui pourraient être distribués à plusieurs nœuds, ce qui consommerait davantage de ressources du réseau. En revanche, dans d'autres cas, le problème pourrait ne pas se produire.

Par ailleurs, la multidiffusion n'est pas toujours prise en charge par tous les éléments d'un réseau de télécommunication. Elle peut en outre aggraver la variation du temps de transfert des paquets (PDV) par rapport à la monodiffusion.

Le mode monodiffusion règle tous ces problèmes, mais il présente quelques inconvénients pour les messages *Sync*, *Follow_Up* et *Announce*: au lieu d'envoyer en un seul flux ces messages du pilote à toutes les horloges asservies, il utilise un flux par horloge asservie.

Dès lors, suivant l'environnement du réseau, l'emploi de la multidiffusion est parfois préférable pour les messages *Sync*, *Follow_Up* et *Announce* pour réduire la charge de trafic émise par l'horloge pilote. En revanche, l'emploi de la multidiffusion pour les messages *Delay_Req* et *Delay_Resp* doit faire l'objet d'un complément d'étude dans le contexte des télécommunications afin d'éviter les problèmes de duplication précités.

En conséquence, si l'on emploie la multidiffusion pour les messages *Sync*, *Follow_Up* et *Announce* envoyés à l'horloge asservie en mode bidirectionnel, il faudra combiner les modes monodiffusion et multidiffusion puisque les messages *Delay_Req* et *Delay_Resp* doivent être envoyés en monodiffusion. Cette méthode peut être utile dans certains scénarios de réseau pour réduire les flux de trafic entre l'horloge pilote et les horloges asservies.

La combinaison de monodiffusion et de multidiffusion crée généralement une asymétrie des temps de transfert, mais cette asymétrie n'empêche pas de fournir une fréquence, ce qui est le but du profil décrit dans la présente Recommandation. Seule l'aggravation potentielle de la variation du temps de transfert des paquets dans une direction, due à l'emploi de la multidiffusion, peut poser problème.

Deux modes peuvent convenir pour transporter les messages PTP de synchronisation dans un environnement de télécommunication:

- Le mode monodiffusion pour envoyer les messages PTP *Sync*, *Follow_Up*, *Delay_Req*, *Delay_Resp*, *Announce* et *Signaling*;
- Une combinaison des modes monodiffusion et multidiffusion dans laquelle les messages *Sync*, *Follow_Up* et *Announce* sont envoyés en multidiffusion, et les messages *Delay_Req*, *Delay_Resp* et *Signaling* sont envoyés en monodiffusion.

NOTE – Tous les messages de synchronisation ne sont pas toujours employés; tout dépend du comportement de l'horloge asservie (par exemple selon qu'elle fonctionne en mode unidirectionnel ou bidirectionnel) ou de l'horloge pilote (par exemple selon qu'il s'agit d'une horloge en une ou deux étapes). Il peut donc arriver que seul le mode multidiffusion soit employé (par exemple lorsqu'une horloge asservie fonctionne en mode unidirectionnel et que les messages *Delay_Req* et *Delay_Resp* ne sont pas utilisés).

Le développement du mode mixte monodiffusion/multidiffusion dans un environnement destiné aux télécommunications doit faire l'objet d'un complément d'étude.

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE Y

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

INFRASTRUCTURE MONDIALE DE L'INFORMATION

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

ASPECTS RELATIFS AU PROTOCOLE INTERNET

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

Transport **Y.1300–Y.1399**

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

RÉSEAUX DE PROCHAINE GÉNÉRATION

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

RÉSEAUX FUTURS

INFORMATIQUE EN NUAGE	Y.3000–Y.3499
	Y.3500–Y.3999

INTERNET DES OBJETS ET VILLES ET COMMUNAUTÉS INTELLIGENTES

Considérations générales	Y.4000–Y.4049
Termes et définitions	Y.4050–Y.4099
Exigences et cas d'utilisation	Y.4100–Y.4249
Infrastructure, connectivité et réseaux	Y.4250–Y.4399
Cadres, architectures et protocoles	Y.4400–Y.4549
Services, applications, calcul et traitement des données	Y.4550–Y.4699
Gestion, commande et qualité de fonctionnement	Y.4700–Y.4799
Identification et sécurité	Y.4800–Y.4899
Évaluation et analyse	Y.4900–Y.4999

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
Série G	Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques
Série H	Systèmes audiovisuels et multimédias
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Réseaux 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 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 et mesures et tests associés
Série R	Transmission télégraphique
Série S	Équipements 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
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information, protocole Internet, réseaux de prochaine génération, Internet des objets et villes intelligentes
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication