

UIT-T G.8275.1/Y.1369.1

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

(06/2016)

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 phase/temps avec prise en charge complète du rythme dans le réseau

Recommandation UIT-T G.8275.1/Y.1369.1

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 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
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.8275.1/Y.1369.1

Profil du protocole de précision temporelle dans les télécommunications pour la synchronisation de phase/temps avec prise en charge complète du rythme dans le réseau

Résumé

La Recommandation UIT-T G.8275.1/Y.1369.1 contient le profil UIT-T du protocole de précision temporelle (PTP) pour la distribution de phase et de temps avec prise en charge complète du rythme dans le réseau. Elle donne les détails nécessaires à l'utilisation de la norme IEEE 1588 de manière compatible avec l'architecture décrite dans la Recommandation UIT-T G.8275/Y.1369

Historique

Edition	Recommandation	Approbation	Commission d'études	ID unique*
1.0	ITU-T G.8275.1/Y.1369.1	2014-07-22	15	11.1002/1000/12197
1.1	ITU-T G.8275.1/Y.1369.1 (2014) Cor. 1	2015-01-13	15	11.1002/1000/12397
2.0	ITU-T G.8275.1/Y.1369.1	2016-06-22	15	11.1002/1000/12815

Mots clés

Prise en charge complète du rythme, IEEE 1588, synchronisation de phase et de temps, PTP, profil télécom.

* 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

		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	3
6	Utilisation du protocole PTP pour la distribution de phase/temps	3
	6.1 Exigences de conception de haut niveau	4
	6.2 Modes et options PTP.....	5
	6.3 Aspects de protection et variante de l'algorithme BMCA.....	8
	6.4 Information de traçabilité de phase/temps.....	14
7	Profil UIT-T du protocole PTP pour la distribution de phase/temps avec prise en charge complète du rythme dans le réseau	17
8	Aspects de sécurité	17
Annexe A – Profil UIT-T du protocole PTP pour la distribution de phase/temps avec prise en charge complète du rythme dans le réseau.....		18
	A.1 Identification du profil.....	18
	A.2 Valeurs des attributs PTP	18
	A.3 Options PTP.....	23
	A.4 Options pour l'algorithme de la meilleure horloge maîtresse.....	23
	A.5 Option pour la mesure du temps de propagation (mécanisme de demande/réponse).....	23
	A.6 Format d'identité de l'horloge	24
	A.7 Options pour la gestion de la configuration	24
	A.8 Aspects de sécurité	24
	A.9 Autres caractéristiques optionnelles de la norme IEEE 1588	24
	A.10 Drapeaux PTP dans l'en-tête commun.....	24
Annexe B – Options pour établir la topologie PTP avec la variante de l'algorithme BMCA..		26
Annexe C – Inclusion d'une interface d'entrée de phase/temps externe dans une horloge T-BC.....		27
Annexe D – Trace du trajet (en option)		28
Annexe E – Indication de synchronisation incertaine (en option)		29
Annexe F – Utilisation de stepsRemoved pour limiter la chaîne de référence (en option)		30
Appendice I – Considérations sur l'utilisation d'une horloge transparente		31
Appendice II – Considérations sur l'émission des messages Delay_Req		32
Appendice III – Considérations sur le choix de l'adresse multidestinataire Ethernet PTP.....		34

	Page
Appendice IV – Considérations sur l'utilisation de priority2.....	35
Appendice V – Description des états d'horloge PTP et du contenu associé des messages	
Announce.....	36
V.1 Objet de l'Appendice	36
V.2 Description des états.....	36
V.3 Exemple de correspondance entre les états de port PTP et les états d'horloge PTP pour une horloge T-BC à 3 ports	38
V.4 Contenu du message Announce de l'horloge T-GM en fonction de l'état d'horloge PTP interne	39
V.5 Contenu du message Announce de l'horloge T-BC en fonction de l'état d'horloge PTP interne	40
Appendice VI – Fonctionnement en cas d'agrégation de liaisons.....	41
Appendice VII – Relation entre la valeur de clockClass et la spécification du mode maintien	42
Appendice VIII – Considérations sur une horloge T-TSC connectée à une application finale	44
Appendice IX – Calcul de la valeur de offsetScaledLogVariance pour une horloge T-GM calée sur une horloge PRTC ou ePRTC	45
IX.1 Intervalle d'observation et valeur de TDEV liée à la génération de bruit	45
IX.2 Calcul de la variance PTP à partir de la valeur de TDEV	46
IX.3 Calcul de offsetScaledLogVariance à partir de la variance PTP.....	47
Bibliographie.....	49

Recommandation UIT-T G.8275.1/Y.1369.1

Profil du protocole de précision temporelle dans les télécommunications pour la synchronisation de phase/temps avec prise en charge complète du rythme dans le réseau

1 Domaine d'application

La présente Recommandation définit un profil pour les applications de télécommunication basé sur le protocole de précision temporelle (PTP, *precision time protocol*) IEEE 1588. Pour ce profil, elle spécifie les fonctions IEEE 1588 qui sont nécessaires afin de garantir l'interopérabilité des éléments de réseau pour la fourniture d'une synchronisation de phase/temps précise. Le profil est basé sur la prise en charge complète du rythme dans l'architecture de réseau comme décrit dans la Recommandation [UIT-T G.8275] et sur les définitions figurant dans la Recommandation [UIT-T G.8260].

Dans cette version du profil, on spécifie les exigences de conception de haut niveau, les modes opératoires pour l'échange des messages PTP, le mappage de protocole PTP, les options pour l'algorithme de la meilleure horloge maîtresse (BMCA, *best master clock algorithm*), ainsi que les paramètres de configuration du protocole PTP.

NOTE – Pour le choix des paramètres définis dans la première version du profil, on s'est placé dans le cas où la fréquence est prise en charge dans la couche physique.

La présente Recommandation aborde également certains aspects nécessaires à l'utilisation dans un environnement de télécommunication 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), *Fonctions des couches de synchronisation.*
- [UIT-T G.810] Recommandation UIT-T G.810 (1996), *Définitions et terminologie des réseaux de synchronisation.*
- [UIT-T G.8260] Recommandation UIT-T G.8260 (2015), *Termes et définitions relatifs à la synchronisation dans les réseaux en mode paquet.*
- [UIT-T G.8265.1] Recommandation UIT-T G.8265.1/Y.1365.1 (2014), *Profil du protocole de précision temporelle pour la synchronisation des fréquences dans les applications de télécommunication.*
- [UIT-T G.8271.1] Recommandation UIT-T G.8271.1/Y.1366.1 (2013), *Limites relatives à la synchronisation temporelle dans les réseaux en mode paquet.*
- [ITU-T G.8272] Recommandation ITU-T G.8272/Y.1367 (2012), *Caractéristiques de synchronisation des horloges de référence temporelle primaires.*

- [UIT-T G.8273] Recommandation UIT-T G.8273/Y.1368 (2013), *Cadre applicable aux horloges de phase et de temps.*
- [UIT-T G.8273.2] Recommandation UIT-T G.8273.2/Y.1368.2 (2014), *Caractéristiques de rythme des horloges en limite et des horloges de temps asservies pour les télécommunications.*
- [UIT-T G.8275] Recommandation UIT-T G.8275/Y.1369 (2013), *Architecture et exigences pour la distribution du temps et de la phase en mode paquet.*
- [IEEE 1588] Norme IEEE 1588-2008, *IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems.*

3 Définitions

3.1 Termes définis ailleurs

La présente Recommandation utilise les termes suivants définis ailleurs:

Les termes et définitions utilisés dans la présente Recommandation sont contenus dans les Recommandations [UIT-T G.810] et [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:

AVAR	variance d'Allan (<i>Allan variance</i>)
BC	horloge en limite (<i>boundary clock</i>)
BMCA	algorithme de la meilleure horloge maîtresse (<i>best master clock algorithm</i>)
EEC	horloge d'équipement Ethernet synchrone (<i>synchronous ethernet equipment clock</i>)
ePRTC	horloge de référence temporelle primaire améliorée (<i>enhanced primary reference time clock</i>)
EUI	identifiant unique étendu (<i>extended unique identifier</i>)
FPM	modulation de phase par un bruit de scintillation (<i>flicker phase modulation</i>)
GM	grand maître (<i>grandmaster</i>)
GNSS	système mondial de navigation par satellite (<i>global navigation satellite system</i>)
LAG	agrégation de liaisons (<i>link aggregation</i>)
MVAR	variance d'Allan modifiée (<i>modified Allan variance</i>)
OC	horloge ordinaire (<i>ordinary clock</i>)
PRC	horloge de référence primaire (<i>primary reference clock</i>)
PRS	source de référence primaire (<i>primary reference source</i>)
PRTC	horloge de référence temporelle primaire (<i>primary reference time clock</i>)
PSD	densité spectrale de puissance (<i>power spectral density</i>)
PTP	protocole de précision temporelle (<i>precision time protocol</i>)
QL	niveau de qualité (<i>quality level</i>)
SDH	hiérarchie numérique synchrone (<i>synchronous digital hierarchy</i>)

SSM	message d'état de synchronisation (<i>synchronization status message</i>)
SSU	unité de synchronisation (<i>synchronization supply unit</i>)
SSU-A	SSU de niveau principal (<i>primary level SSU</i>)
SSU-B	SSU de niveau secondaire (<i>secondary level SSU</i>)
ST2	strate 2 (<i>stratum 2</i>)
ST3E	strate 3 renforcée (<i>stratum 3 enhanced</i>)
T-BC	horloge en limite pour les télécommunications (<i>telecom boundary clock</i>)
TC	horloge transparente (<i>transparent clock</i>)
T-GM	grand maître pour les télécommunications (<i>telecom grandmaster</i>)
T-TC	horloge transparente pour les télécommunications (<i>telecom transparent clock</i>)
T-TSC	horloge de temps asservie pour les télécommunications (<i>telecom time slave clock</i>)
TLV	type-longueur-valeur (<i>type length value</i>)
TVAR	variance temporelle (<i>time variance</i>)
VLAN	réseau local virtuel (<i>virtual local area network</i>)
WPM	modulation de phase par un bruit blanc (<i>white phase modulation</i>)

5 Conventions

Dans la présente Recommandation, les conventions suivantes sont utilisées: le terme PTP désigne le protocole PTP version 2 défini dans la norme [IEEE 1588]. Les messages PTP utilisés dans la présente Recommandation sont définis dans la norme [IEEE 1588] et sont indiqués en italique.

Le terme horloge en limite pour les télécommunications (T-BC) désigne un dispositif constitué d'une horloge en limite (BC) telle que définie dans la norme [IEEE 1588] et dans la présente Recommandation, avec les caractéristiques de qualité de fonctionnement supplémentaires définies dans la Recommandation [UIT-T G.8273.2].

Le terme horloge transparente pour les télécommunications (T-TC) désigne un dispositif constitué d'une horloge transparente (TC) telle que définie dans la norme [IEEE 1588], avec des caractéristiques de qualité de fonctionnement supplémentaires qui nécessitent un complément d'étude.

Le terme grand maître pour les télécommunications (T-GM) désigne un dispositif constitué d'une horloge grand maître (GM) telle que définie dans la norme [IEEE 1588] et dans la présente Recommandation, avec des caractéristiques de qualité de fonctionnement supplémentaires qui nécessitent un complément d'étude.

Le terme horloge de temps asservie pour les télécommunications (T-TSC) désigne un dispositif constitué d'une horloge ordinaire en mode esclave uniquement telle que définie dans la norme [IEEE 1588] et dans la présente Recommandation, avec les caractéristiques de qualité de fonctionnement supplémentaires définies dans l'Annexe C de la Recommandation [UIT- T G.8273.2].

Le terme horloge de référence temporelle primaire (PRTC) désigne l'horloge définie dans la Recommandation [UIT-T G.8272]. Le terme horloge de référence temporelle primaire améliorée (ePRTC) désigne une version améliorée de l'horloge PRTC, actuellement à l'étude.

6 Utilisation du protocole PTP pour la distribution de phase/temps

La version de 2002 de la norme IEEE 1588 a été élaborée par l'IEEE pour, à l'origine, prendre en charge les exigences de rythme dans le domaine 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.

La version de 2008 de la norme IEEE 1588 (à savoir [IEEE 1588]) décrit des caractéristiques utiles pour le transport du protocole sur un réseau étendu, et introduit le concept de "profil", qui permet de sélectionner des aspects du protocole et de les spécifier pour une utilisation dans un domaine particulier autre que celui de l'automatisation industrielle considéré au départ.

Un profil PTP a été défini dans la Recommandation [UIT-T G.8265.1] pour les applications nécessitant une synchronisation de fréquence uniquement. La présente Recommandation définit un autre profil PTP, pour les applications de télécommunication nécessitant une synchronisation de phase et de temps précise. Ce profil s'appuie sur l'architecture spécifique décrite dans la Recommandation [UIT-T G.8275] afin de permettre la distribution de phase/temps avec prise en charge complète du rythme dans le réseau, et sur la version de 2008 du protocole PTP définie dans la norme [IEEE 1588].

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 télécom.

Les aspects détaillés relatifs au profil télécom 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].

Pour ce profil télécom du protocole PTP, on définit les paramètres de la norme [IEEE 1588] à utiliser afin de garantir l'interopérabilité des mises en oeuvre du protocole et on spécifie les caractéristiques optionnelles, 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 définis dans d'autres Recommandations UIT-T 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 sélectionner un ensemble spécifique de valeurs d'attribut et de caractéristiques optionnelles 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 le fonctionnement dans un réseau de télécommunication, certains critères supplémentaires sont également nécessaires afin de respecter les pratiques standard de synchronisation dans les télécommunications. Par conséquent, le profil PTP pour la distribution de temps et de phase doit répondre aux exigences de haut niveau suivantes:

- 1) Des mécanismes doivent être spécifiés pour permettre l'interopérabilité entre les différentes horloges de phase/temps appartenant à l'architecture définie dans la Recommandation [UIT-T G.8275] et décrites dans la Recommandation [UIT-T G.8273].
- 2) Des mécanismes doivent permettre un fonctionnement cohérent sur les réseaux de télécommunication étendus gérés.
- 3) Des mécanismes en mode paquets doivent permettre de concevoir et de configurer le réseau de synchronisation selon un agencement fixe.
- 4) Les mécanismes de protection utilisés par les systèmes en mode paquets doivent être basés sur la pratique opérationnelle standard dans les télécommunications et permettre aux horloges de temps asservies pour les télécommunications d'acquérir la phase et le temps auprès de plusieurs horloges grands maîtres pour les télécommunications séparées géographiquement.
- 5) Il devrait être permis de sélectionner la source de référence de phase/temps sur la base de l'information de traçabilité de phase/temps reçue et de la priorité locale, ainsi que d'établir automatiquement la topologie du réseau de synchronisation de phase/temps.

6.2 Modes et options PTP

6.2.1 Domaines PTP

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'une entité administrative. Les messages PTP et les ensembles de données sont associés à un domaine, si bien que le protocole PTP est propre à un domaine.

Dans ce profil télécom du protocole PTP, le numéro de domaine PTP par défaut est 24, et la plage de numéros de domaine PTP applicables est {24 – 43}.

NOTE – Cette plage a été sélectionnée à partir de la plage de numéros de domaine PTP définis par l'utilisateur qui est définie dans la norme [IEEE 1588]. Bien que des plages non chevauchantes aient été envisagées pour les différents profils télécom du protocole PTP afin d'éviter les interactions entre les profils, rien n'empêche un autre secteur d'activité d'utiliser la même plage de numéros de domaine PTP définis par l'utilisateur lors de la définition d'un profil PTP pour un secteur d'activité autre que les télécommunications. Il incombe à l'opérateur de réseau de déterminer s'il existe un risque d'interactions non intentionnelles entre les profils PTP et de prendre les mesures nécessaires pour éviter ce type de comportement.

6.2.2 Messages PTP utilisés dans le profil

Ce profil PTP utilise les messages suivants: *Sync*, *Follow_Up*, *Announce*, *Delay_Req* et *Delay_Resp*.

L'utilisation des messages *Signaling* et *Management* nécessite un complément d'étude.

Les messages *Pdelay_Req*, *Pdelay_Resp* et *Pdelay_Resp_Follow_Up* ne sont pas utilisés.

6.2.3 Types d'horloges PTP prises en charge dans le profil

L'horloge ordinaire (OC), l'horloge en limite (BC) et l'horloge transparente (TC) conformément à la norme [IEEE 1588] sont utilisées dans ce profil.

Il existe deux types d'horloge ordinaire (OC):

- 1) Une OC qui ne peut être que grand maître (T-GM selon l'architecture définie dans la Recommandation [UIT-T G.8275], et telle que définie dans la Recommandation [UIT-T G.8272]).
- 2) Une OC qui ne peut être qu'asservie, c'est-à-dire une OC en mode esclave uniquement (T-TSC selon l'architecture définie dans la Recommandation [UIT-T G.8275], et conforme à l'Annexe C de la Recommandation [UIT-T G.8273.2]).

Il existe deux types d'horloge en limite (BC):

- 1) Une BC qui ne peut être que grand maître (T-GM selon l'architecture définie dans la Recommandation [UIT-T G.8275], et telle que définie dans la Recommandation [UIT-T G.8272]).
- 2) Une BC qui peut devenir grand maître et qui peut aussi être asservie à une autre horloge PTP (T-BC selon l'architecture définie dans la Recommandation [UIT-T G.8275], et conforme à la Recommandation [UIT-T G.8273.2]).

NOTE – T-GM et grand maître (GM) sont des concepts différents; GM est un état défini dans la norme [IEEE 1588] dans lequel une horloge PTP peut passer si elle sort gagnante de l'algorithme de la meilleure horloge maîtresse (BMCA), alors que T-GM est un type d'horloge défini dans l'architecture [UIT-T G.8275].

L'horloge transparente utilisée dans ce profil (T-TC selon l'architecture définie dans la Recommandation [UIT-T G.8275] et le cadre applicable aux horloges de phase et de temps défini dans la Recommandation [UIT-T G.8273]) est l'horloge transparente de bout en bout définie dans la norme [IEEE 1588]. Il n'est pas permis d'utiliser des horloges transparentes d'homologue à homologue dans ce profil.

La correspondance entre ces types d'horloge PTP et les horloges de phase/temps définies dans l'architecture [UIT-T G.8275] est décrite dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Correspondance entre les types d'horloge [UIT-T G.8275] et PTP

Type d'horloge [UIT-T G.8275]	Description	Type d'horloge [IEEE 1588]
T-GM	Horloge ordinaire en mode maître uniquement (maîtresse avec un seul port PTP, toujours grand maître, ne peut être asservie à une autre horloge PTP)	OC
	Horloge en limite en mode maître uniquement (maîtresse avec plusieurs ports PTP, toujours grand maître, ne peut être asservie à une autre horloge PTP)	BC
T-BC	Horloge en limite (peut devenir grand maître, ou peut être asservie à une autre horloge PTP)	BC
T-TSC	Horloge ordinaire en mode esclave uniquement (toujours asservie, ne peut pas devenir grand maître)	OC
T-TC	Horloge transparente	TC de bout en bout

6.2.4 Fonctionnement unidirectionnel ou bidirectionnel

Dans ce profil, le fonctionnement PTP doit être bidirectionnel afin de transporter la synchronisation de phase/temps, car le temps de propagation doit être mesuré. Par conséquent, seul le mode bidirectionnel est autorisé dans ce profil.

6.2.5 Mode d'horloge en une ou deux étapes

Sont prises en charge dans le profil à la fois les horloges en une étape et les horloges en deux étapes. Une horloge conforme au profil peut être soit une horloge en une étape, soit une horloge en deux étapes.

Pour être conforme à la norme [IEEE 1588], un port esclave 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 configuration particulière.

6.2.6 Adressage multidiffusion Ethernet pour les messages PTP

Ce profil télécom du protocole PTP utilise l'adressage multidiffusion Ethernet pour la transmission de tous les messages PTP.

Le profil PTP spécifié dans la présente Recommandation prend en charge à la fois l'adresse de multidiffusion non transmissible 01-80-C2-00-00-0E et l'adresse de multidiffusion transmissible 01-1B-19-00-00-00 lorsque le mappage PTP défini à l'Annexe F de la norme [IEEE 1588] est utilisé.

Une horloge T-GM, T-BC, T-TSC ou T-TC conforme à ce profil doit être capable de traiter à la fois l'adresse de multidiffusion non transmissible 01-80-C2-00-00-0E et l'adresse de multidiffusion transmissible 01-1B-19-00-00-00 sur tous ses ports compatibles PTP.

Pour une horloge T-GM, T-BC ou T-TSC, le choix de l'adresse de multidiffusion se fait par configuration à chaque port; tous les messages PTP d'un port doivent utiliser l'adresse configurée pour transmettre les messages PTP au port PTP distant. Dans le cas où le port PTP distant est configuré avec l'autre adresse, le port PTP local doit accepter les messages reçus et les traiter.

L'adresse par défaut dépend de la politique de l'opérateur. Voir les informations à l'Appendice III.

A l'émission, le mode par défaut pour une horloge T-TC ne fait appel à aucune configuration: les messages PTP retransmis par l'horloge T-TC doivent utiliser la même adresse multidestinataire que le message PTP reçu. Il est obligatoire de prendre en charge ce mode par défaut à l'émission.

NOTE – Ce profil utilise l'Annexe F de la norme [IEEE 1588], *Transport of PTP over IEEE802.3/Ethernet*, pour la couche transport. En particulier, conformément aux modèles de pont Ethernet concernés, l'adresse MAC appropriée du port Ethernet d'émission est placée dans le champ sourceAddress de l'en-tête de la trame Ethernet encapsulant les paquets PTP envoyés par l'une quelconque des horloges PTP définies dans ce profil (à savoir T-GM, T-BC, T-TC ou T-TSC).

Ce profil traite les messages PTP avec encapsulation de type multidiffusion Ethernet. Les messages PTP avec d'autres encapsulations doivent être retransmis en fonction des règles de retransmission du protocole de transport respectif.

6.2.7 Mappage PTP

Ce profil télécom du protocole PTP est basé sur le mappage PTP défini à l'Annexe F de la norme [IEEE 1588], *Transport of PTP over IEEE 802.3/Ethernet*.

Par conséquent, une horloge PTP conforme au profil décrit dans la présente Recommandation doit être conforme à l'Annexe F de la norme [IEEE 1588].

Le champ transportSpecific est utilisé dans ce profil et doit être mis à "0".

Dans les scénarios actuellement envisagés basés, par exemple, sur une prise en charge complète du rythme avec les horloges T-BC et T-TC, l'insertion d'une étiquette de réseau local virtuel (VLAN) dans les trames transportant des messages PTP n'est pas autorisée pour les horloges T-GM, T-BC et T-TSC. Ainsi, lors de la réception d'un message PTP dans une trame contenant une étiquette VLAN, cette trame doit être rejetée par les horloges T-GM, T-BC et T-TSC.

Certaines configurations spécifiques basées sur l'horloge T-TC sont examinées à l'Appendice I.

L'utilisation d'étiquettes VLAN dans d'autres scénarios nécessite un complément d'étude.

6.2.8 Débits des messages

Dans le cadre du profil, les messages suivants peuvent être utilisés et les débits nominaux indiqués doivent être respectés:

- messages *Sync* (si des messages *Follow_up* sont utilisés, ils auront le même débit) – débit nominal: 16 paquets par seconde;
- messages *Delay_Req/Delay_Resp* – débit nominal: 16 paquets par seconde;
- messages *Announce* – débit nominal: 8 paquets par seconde.

Les exigences du paragraphe 7.7.2.1 de la norme [IEEE 1588] doivent également être respectées pour l'émission des messages *Sync* et *Announce*. En outre, le laps de temps entre deux messages *Sync* successifs ne doit pas dépasser le double de l'intervalle moyen entre deux messages *Sync* spécifié ci-dessus et le laps de temps entre deux messages *Announce* successifs ne doit pas dépasser le double de l'intervalle moyen entre deux messages *Announce* spécifié ci-dessus.

L'émission des messages *Delay_Req* est spécifiée au paragraphe 9.5.11.2 de la norme [IEEE 1588].

En plus des dispositions des première et deuxième puces du paragraphe 9.5.11.2 de la norme [IEEE 1588], une horloge conforme à ce profil doit respecter:

- soit les exigences temporelles à l'émission énoncées à la troisième puce du paragraphe 9.5.11.2 de la norme [IEEE 1588], en utilisant une distribution propre à la mise en oeuvre. Dans ce cas, le noeud PTP doit, avec une confiance de 90%, envoyer les messages *Delay_Req* avec un intervalle entre deux messages compris entre $\pm 30\%$ de $2^{\log_{10} \text{MinDelayReqInterval}}$ secondes;
- soit les exigences temporelles à l'émission énoncées à la quatrième puce du paragraphe 9.5.11.2 de la norme [IEEE 1588]

En outre, le laps de temps entre deux messages *Delay_Req* successifs ne doit pas dépasser $2^{\log_{10} \text{MinDelayReqInterval}+1}$ secondes.

On trouvera à l'Appendice II de la présente Recommandation plus d'informations concernant l'émission des messages *Delay_Req* spécifiée au paragraphe 9.5.11.2 de la norme [IEEE 1588].

L'utilisation des messages *Signaling* et *Management* nécessite un complément d'étude.

6.3 Aspects de protection et variante de l'algorithme BMCA

6.3.1 Variante de l'algorithme BMCA

Le profil PTP spécifié dans la présente Recommandation utilise une variante de l'algorithme BMCA, décrite au paragraphe 9.3.1 de la norme [IEEE 1588]. Cette variante diffère de l'algorithme BMCA par défaut décrit dans la norme [IEEE 1588] comme suit:

- a) La variante de l'algorithme BMCA examine, pour chaque port, l'attribut booléen `masterOnly`. Si `masterOnly` vaut `TRUE`, le port ne passe jamais dans l'état `SLAVE`, mais ira toujours dans l'état `MASTER`. Si `masterOnly` vaut `FALSE`, le port peut passer dans l'état `SLAVE`. L'attribut `masterOnly` est défini via le membre de l'ensemble de données de port configurable `portDS.masterOnly`.

Pour les ports d'une horloge BC ou OC qui ne peut être que grand maître (c'est-à-dire T-GM), la valeur par défaut et la plage de valeurs de cet attribut sont respectivement `TRUE` et `{TRUE}`.

Pour le port d'une horloge OC en mode esclave uniquement (c'est-à-dire T-TSC), la valeur par défaut et la plage de valeurs de cet attribut sont respectivement `FALSE` et `{FALSE}`.

Pour les ports d'une horloge BC qui peut éventuellement être grand maître (c'est-à-dire T-BC), la valeur par défaut et la plage de valeurs de cet attribut sont respectivement `TRUE` et `{TRUE, FALSE}`.

Il est à noter que pour une horloge T-BC, l'attribut `masterOnly` doit être mis à `FALSE` pour au moins un port afin que l'horloge T-BC puisse se synchroniser sur une autre horloge.

- b) $E_{r_{best}}$ est calculé conformément à la description fournie au paragraphe 9.3.2.3 de la norme [IEEE 1588], sauf pour un port r pour lequel l'attribut `masterOnly` est mis à `TRUE`, auquel cas $E_{r_{best}}$ doit être mis à l'ensemble vide, indépendamment de toute autre considération. Cela signifie que, pour calculer E_{best} , on n'utilisera pas les informations contenues dans les messages *Announce* reçus à un port r pour lequel l'attribut `masterOnly` est mis à `TRUE`.
- c) La variante de l'algorithme BMCA permet à plusieurs horloges d'être des grands maîtres actifs simultanément (les horloges pour lesquelles `clockClass` est inférieur à 128 ne peuvent pas être asservies). S'il y a plusieurs grands maîtres actifs, toutes les horloges qui ne sont pas des grands maîtres sont synchronisées sur un même grand maître dans le domaine PTP.
- d) Un attribut de port `localPriority` est assigné à chaque port r d'une horloge et est utilisé pour déterminer $E_{r_{best}}$ et E_{best} . Chaque ensemble de données d'horloge parent ou d'horloge maîtresse étrangère, dont les informations ont été reçues dans un message *Announce* au port r , est ajouté à l'attribut `localPriority` du port local r avant d'invoquer la comparaison d'ensembles de données définie dans les Figures 2 et 3 ci-dessous. L'attribut `localPriority` n'est pas transmis dans les messages *Announce*. Cet attribut est utilisé comme attribut décisif dans l'algorithme de comparaison d'ensembles de données, dans le cas où tous les autres attributs précédents des ensembles de données comparés sont égaux. L'attribut `localPriority` est défini via le membre de l'ensemble de données de port, entier non signé, configurable `portDS.localPriority`. Pour cet attribut, le type de données est `UInteger8`, la plage de valeurs est `{1-255}` et la valeur par défaut est 128. Une horloge conforme à ce profil PTP est autorisée à prendre en charge un sous-ensemble des valeurs définies dans la plage.
- e) Un attribut `localPriority` est assigné à l'horloge locale, à utiliser si nécessaire lorsque les données associées à l'horloge locale, D_0 , sont comparées avec les données relatives à un autre grand maître potentiel reçues via un message *Announce*. L'attribut `localPriority` de l'horloge

locale est défini via le membre de l'ensemble de données par défaut, entier non signé, configurable defaultDS.localPriority. Pour cet attribut, le type de données est UInteger8, la plage de valeurs est {1-255} et la valeur par défaut est 128. Une horloge conforme à ce profil PTP est autorisée à prendre en charge un sous-ensemble des valeurs définies dans la plage.

- f) L'algorithme de comparaison des ensembles de données est modifié conformément aux Figures 2 et 3 du paragraphe 6.3.7.

NOTE 1 – Etant donné que, par définition, l'attribut masterOnly vaut toujours TRUE pour tous les ports PTP d'une horloge T-GM, l'attribut localPriority n'est pas, en pratique, utilisé pour une horloge T-GM.

NOTE 2 – Pour une horloge T-GM, la sortie de la variante de l'algorithme BMCA est en pratique statique et correspond à l'état recommandé BMC_MASTER, car l'attribut masterOnly vaut TRUE pour tous les ports PTP d'une horloge T-GM. Le code de décision résultant peut valoir M1 ou M2, en fonction de l'état de l'horloge T-GM (c'est-à-dire de la valeur de clockClass de l'horloge T-GM).

NOTE 3 – Pour une horloge T-BC, les ports pour lesquels l'attribut masterOnly vaut FALSE doivent être sélectionnés en fonction du plan de synchronisation du réseau. Il existe un cas d'utilisation type dans lequel ce paramètre doit rester à TRUE, à savoir lorsqu'on veut éviter la propagation du rythme depuis la partie d'accès du réseau vers la partie centrale du réseau.

NOTE 4 – L'attribut masterOnly est principalement destiné à être utilisé dans deux scénarios:

- 1) un port PTP d'une horloge T-GM;
- 2) un port PTP d'une horloge T-BC qui fait face au côté "aval" vers la partie accès d'une topologie arborescente.

L'utilisation du paramètre masterOnly dans d'autres scénarios, par exemple pour des ports PTP participant à une architecture en anneau, peut entraîner un fonctionnement imprévu, en particulier lors d'une reconfiguration ou de modifications de la topologie.

6.3.2 Considérations sur l'utilisation des attributs localPriority

Les attributs localPriority constituent un outil puissant pour la définition de l'architecture du réseau de synchronisation.

L'utilisation des valeurs par défaut de ces attributs, comme défini par la variante de l'algorithme BMCA, conduit à un réseau de synchronisation sans boucle de rythme.

Une planification appropriée est obligatoire pour éviter les boucles de rythme lors de la configuration de valeurs différentes de celles par défaut.

6.3.3 Attribut d'horloge priority1 statique

Dans ce profil PTP, l'attribut d'horloge priority1 est statique. Il est initialisé à une valeur par défaut égale à la valeur médiane, 128, de sa plage de valeurs et cette valeur ne doit pas être modifiée.

Le paramètre priority1 n'est pas utilisé dans cette version du profil télécom du protocole PTP. Dans de futures versions, on pourra envisager d'utiliser cet attribut; un complément d'étude est nécessaire.

6.3.4 Attribut d'horloge priority2

Dans ce profil PTP, l'attribut d'horloge priority2 est configurable.

Il est initialisé à une valeur par défaut égale, pour les horloges T-GM et T-BC, à la valeur médiane, 128, de sa plage de valeurs {0-255}. La valeur par défaut pour les horloges T-TSC est 255, et la plage de valeurs est {255}.

Une horloge T-GM ou T-BC conforme à ce profil PTP doit prendre en charge toutes les valeurs de priority2 définies dans la plage. Une horloge T-TSC conforme à ce profil doit prendre en charge, à la réception, toutes les valeurs de priority2 définies dans la plage complète [IEEE1588] (c'est-à-dire {0-255}).

L'Appendice IV décrit des cas d'utilisation possibles de l'attribut `priority2`; d'autres cas seront étudiés ultérieurement.

6.3.5 Autres attributs d'horloge

Une horloge PTP conforme à ce profil PTP doit prendre en charge, à la réception, toutes les valeurs de `clockClass`, `clockAccuracy` et `offsetScaledLogVariance` [pas de rejet] définies dans la plage complète [IEEE1588].

Les valeurs applicables de l'attribut d'horloge `clockClass` sont spécifiées au paragraphe 6.4.

NOTE – Le comportement lors de la réception d'une valeur de `clockClass` non spécifiée dans le Tableau 2 nécessite un complément d'étude.

Les valeurs suivantes de l'attribut d'horloge `clockAccuracy` s'appliquent dans les situations suivantes:

- 0x20 pour une horloge T-GM connectée à une horloge de référence temporelle primaire améliorée (ePRTC) en mode verrouillé (c'est-à-dire une horloge ePRTC traçable au système mondial de navigation par satellite (GNSS));
- 0x21 pour une horloge T-GM connectée à une horloge PRTC en mode verrouillé (c'est-à-dire une horloge PRTC traçable au système GNSS);
- 0xFE pour une horloge T-GM non connectée à une horloge ePRTC en mode verrouillé ni à une horloge PRTC en mode verrouillé;
- 0xFE pour une horloge T-BC, tout le temps.

Les valeurs suivantes de l'attribut d'horloge `offsetScaledLogVariance` s'appliquent dans les situations suivantes:

- 0x4B32 pour une horloge T-GM connectée à une horloge ePRTC en mode verrouillé (c'est-à-dire une horloge ePRTC traçable au système GNSS). Cela correspond à un écart TDEV de 10 ns, sur un intervalle d'observation de 10000 s. La valeur correspondante de la variance PTP (PTPVAR) est de $1,271 \times 10^{-16} \text{ s}^2$ (voir l'Appendice IX);
- 0x4E5D pour une horloge T-GM connectée à une horloge PRTC en mode verrouillé (c'est-à-dire une horloge PRTC traçable au système GNSS). Cela correspond à un écart TDEV de 30 ns, sur un intervalle d'observation de 10000 s. La valeur correspondante de la variance PTP (PTPVAR) est de $1,144 \times 10^{-15} \text{ s}^2$ (voir l'Appendice IX);
- 0xFFFF pour une horloge T-GM non connectée à une horloge ePRTC en mode verrouillé ni à une horloge PRTC en mode verrouillé;
- 0xFFFF pour une horloge T-BC, tout le temps.

6.3.6 Algorithme de détermination d'état

L'algorithme de détermination d'état à utiliser pour la variante de l'algorithme BMCA du profil PTP spécifié dans la présente Recommandation est présenté dans la Figure 1. Une fois qu'une décision est prise grâce à cet algorithme, les ensembles de données de l'horloge locale sont mis à jour comme spécifié au paragraphe 9.3.5 de la norme [IEEE 1588]. On trouvera des détails sur l'utilisation de l'algorithme au paragraphe 9.3.3 de la norme [IEEE 1588].

6.3.7 Algorithme de comparaison d'ensembles de données

L'algorithme de comparaison d'ensembles de données à utiliser pour la variante de l'algorithme BMCA du profil PTP spécifié dans la présente Recommandation est présenté dans les Figures 2 et 3 ci-dessous. Cet algorithme consiste à comparer une horloge à une autre en utilisant les ensembles de données représentant ces horloges, ajoutés à l'attribut `localPriority`. On trouvera des détails sur l'utilisation de l'algorithme au paragraphe 9.3.4 de la norme [IEEE 1588].

Si l'un des ensembles de données, A ou B, des Figures 2 et 3 contient les données de l'horloge parent ou d'une horloge maîtresse étrangère, l'attribut localPriority pour cet ensemble de données correspond à l'attribut localPriority du port local r auquel les informations de l'horloge parent ou de l'horloge maître étrangère ont été reçues (voir le point d) du paragraphe 6.3.1).

Si l'un des ensembles de données, A ou B, des Figures 2 et 3 contient les données de l'horloge locale, D_0 , l'attribut localPriority pour cet ensemble de données correspond à l'attribut localPriority de l'horloge locale (voir le point e) du paragraphe 6.3.1).

NOTE 1 – Il est recommandé de mettre en oeuvre la totalité de l'algorithme de comparaison d'ensembles de données décrit dans les Figures 2 et 3 même si certains paramètres sont actuellement statiques, car ils pourront être utilisés dans de futures versions de la présente Recommandation.

NOTE 2 – Le module de la Figure 2 "clockClass de GM de A est égal ou inférieur à 127" permet à différentes horloges T-BC du réseau d'être synchronisées sur différentes horloges T-GM lorsque plusieurs horloges T-GM sont déployées.

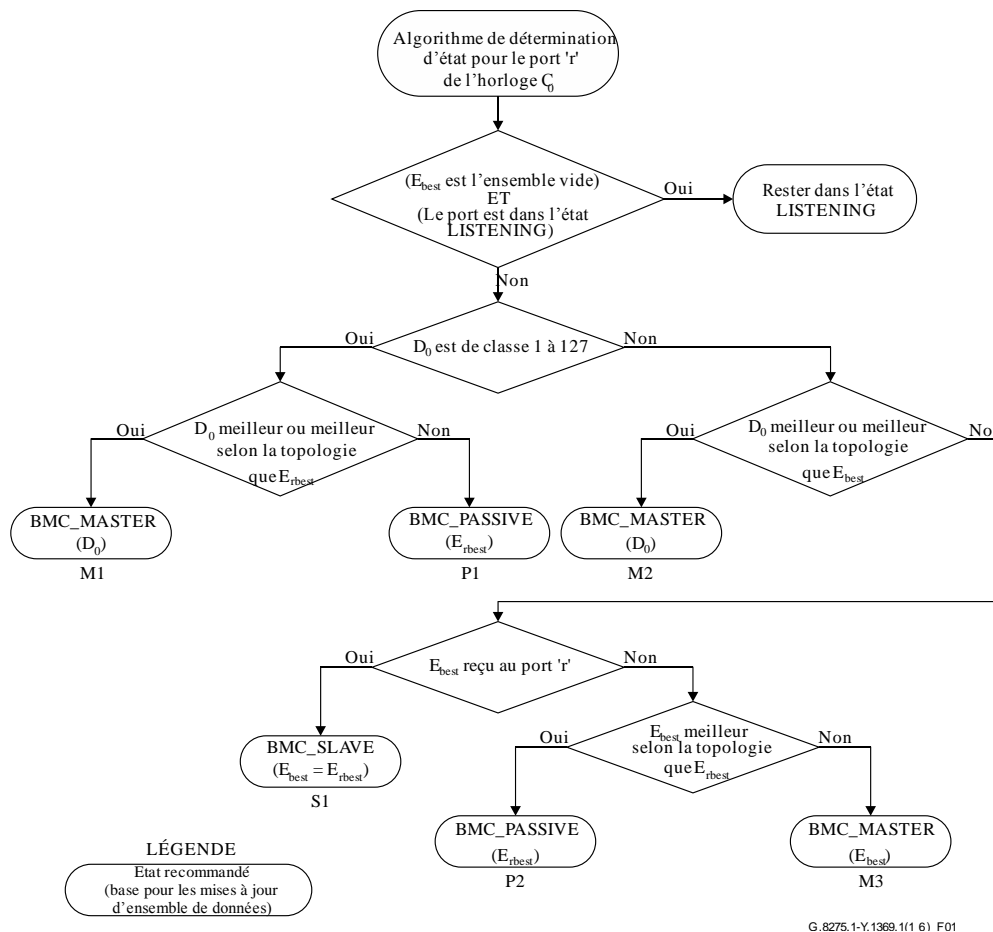


Figure 1 – Algorithme de détermination d'état pour la variante de l'algorithme BMCA

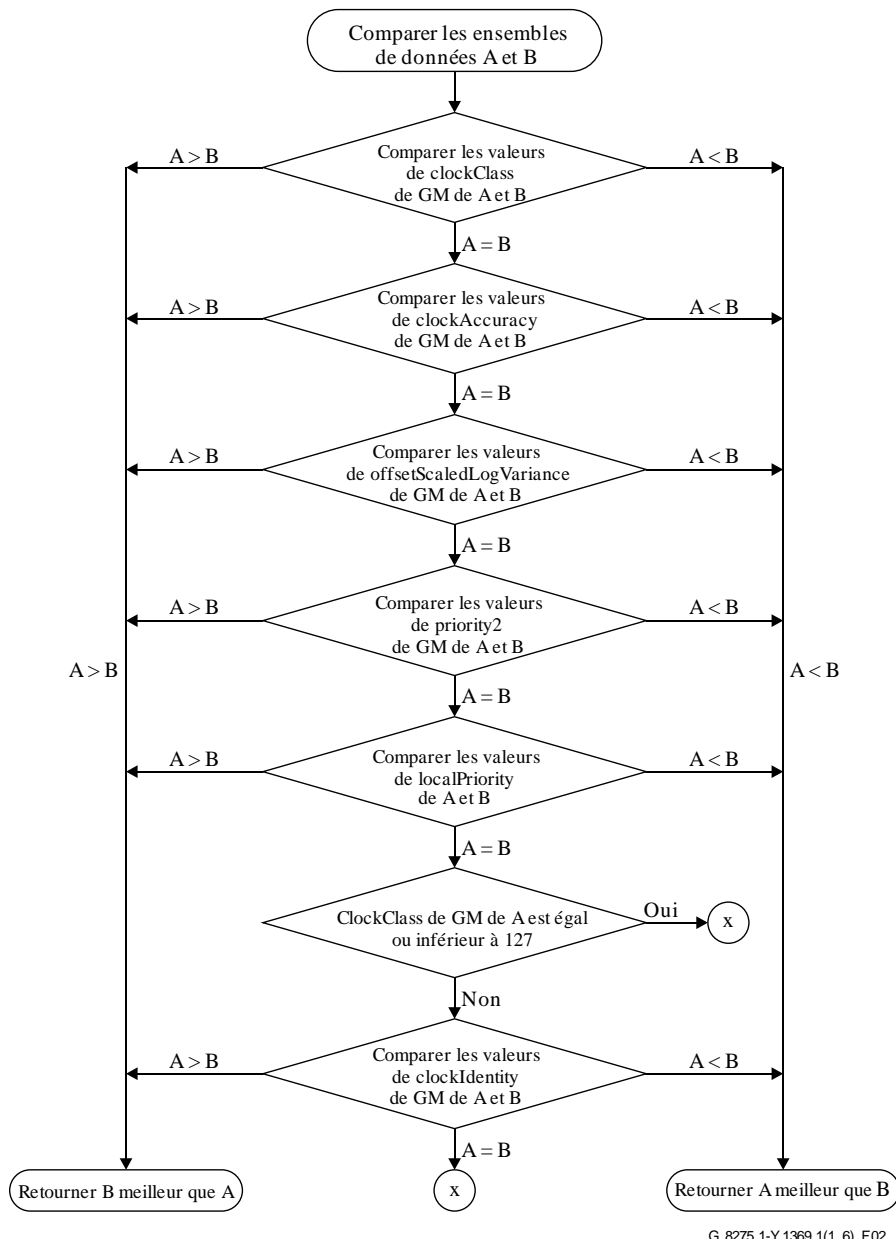
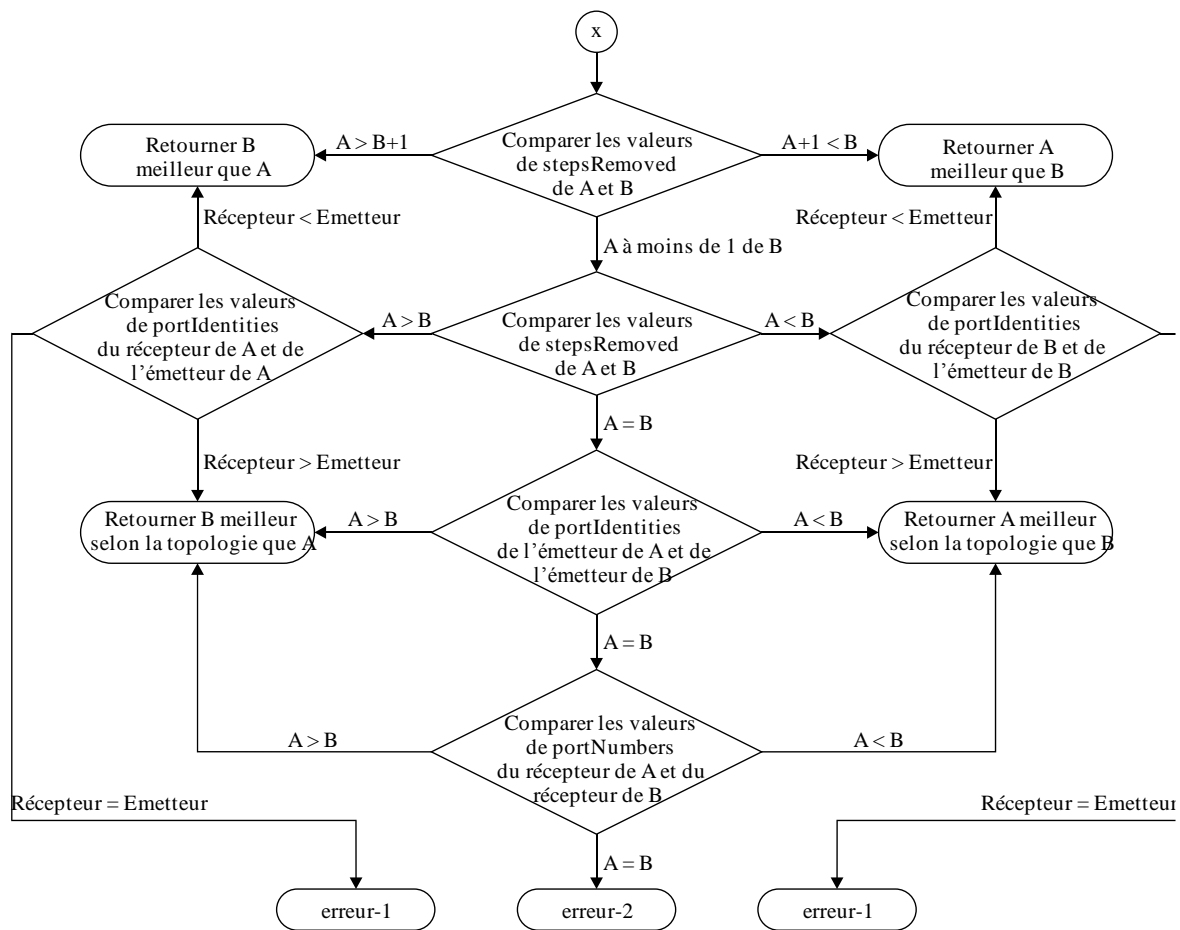


Figure 2 – Algorithme de comparaison d'ensembles de données, partie 1, pour la variante de l'algorithme BMCA



G.8275.1-Y.1369.1(14) F03

Figure 3 – Algorithme de comparaison d'ensembles de données, partie 2, pour la variante de l'algorithme BMCA

6.3.8 Champs PTP non utilisés

Certains champs PTP ne sont pas utilisés dans ce profil PTP. Le présent paragraphe définit les actions applicables à ces champs PTP non utilisés.

Le Tableau A.8 du paragraphe A.10 de la présente Recommandation définit les valeurs des drapeaux PTP dans l'en-tête commun et précise si chaque drapeau est utilisé ou non dans ce profil.

En outre, les champs suivants ne sont pas utilisés dans ce profil:

- le champ "controlField" dans l'en-tête commun des messages PTP n'est pas utilisé dans ce profil. Ce champ doit être ignoré par le récepteur pour tous les types de messages PTP;
- Le champ "priority1" dans le message *Announce* n'est pas utilisé et doit être mis à une valeur fixe spécifiée au paragraphe 6.3.3.

Lorsqu'une horloge PTP reçoit un message PTP avec un champ dont l'utilisation n'est pas spécifiée dans ce profil PTP et qui contient une valeur en dehors de la plage autorisée, ce champ du message PTP doit être ignoré, sans rejeter le message PTP.

A titre d'exemple, une horloge PTP conforme à ce profil PTP doit ignorer à la réception la valeur des champs suivants. Une horloge conforme à ce profil PTP ne doit pas mettre à jour ses ensembles de données locales avec la valeur d'entrée de ces champs:

- flagField – alternateMasterFlag;
- flagField – unicastFlag;
- flagField – PTP profile Specific 1;

- flagField – PTP profile Specific 2.

Lorsqu'une horloge PTP reçoit un message PTP avec un champ dont l'utilisation est spécifiée dans ce profil PTP et qui contient une valeur en dehors de la plage autorisée à la réception, la totalité de ce message PTP doit être rejetée. Exception faite des attributs clockClass, clockAccuracy, offsetScaledLogVariance et priority2 (voir les paragraphes 6.3.4 et 6.3.5), les plages à la réception sont identiques aux plages pour les membres defaultDS.

Par exemple, une horloge conforme doit rejeter à la réception le paquet entrant (messages généraux et messages d'événement) lorsque l'un des champs suivants contient une valeur en dehors de la plage autorisée pour le profil:

- domainNumber;
- versionPTP.

L'ensemble de données locales de l'horloge ne doit pas être mis à jour avec la valeur d'entrée.

NOTE 1 – Si une horloge reçoit un message *Announce* avec le champ "priority1" mis à une valeur autre que 128, et si l'horloge annonçant cette valeur est sélectionnée comme grand maître, alors l'horloge réceptrice doit annoncer à nouveau la valeur 128. L'horloge réceptrice ignore l'attribut non utilisé priority1 aux fins de la variante de l'algorithme BMCA.

NOTE 2 – Les plages autorisées à la réception pour les attributs d'horloge priority2, clockClass, clockAccuracy et offsetScaledLogVariance sont les plages complètes [IEEE1588] respectives, voir les paragraphes 6.3.4 et 6.3.5.

6.4 Information de traçabilité de phase/temps

Afin de délivrer l'information de traçabilité de phase/temps, les valeurs de clockClass indiquées dans le Tableau 2 ci-dessous doivent être utilisées dans ce profil télécom du protocole PTP. Des informations supplémentaires aux fins d'interfonctionnement sont fournies dans le Tableau 4.

Le drapeau frequencyTraceable présent dans l'en-tête des messages PTP est défini dans ce profil comme suit: si l'horloge PTP est traçable à une horloge PRTC en mode verrouillé ou à une horloge de référence primaire (PRC), par exemple en utilisant un signal d'entrée de fréquence de couche physique traçable à une horloge PRC, alors ce paramètre doit être mis à TRUE, sinon il doit être à FALSE. Ce drapeau n'est pas utilisé dans la variante de l'algorithme BMCA définie au paragraphe 6.3; les valeurs fournies pour ce drapeau dans le Tableau 2 peuvent être utilisées par un opérateur de réseau à des fins de surveillance ou par des applications finales pour prendre une décision comme décrit à l'Appendice VIII.

Lorsqu'une horloge T-GM passe en mode maintien, elle décline à 7 la valeur de clockClass qu'elle utilise. Elle calcule ensuite si l'erreur de temps à sa sortie est toujours dans les limites de la spécification du mode maintien. Lorsque l'horloge T-GM détermine que l'erreur de temps à sa sortie n'est plus dans les limites de la spécification du mode maintien, elle décline à 140, 150 ou 160 la valeur de clockClass qu'elle utilise, selon la qualité de sa référence de fréquence (oscillateur interne ou signal de fréquence de couche physique reçu à une interface externe).

Lorsqu'une horloge T-BC passe en mode maintien, elle décline à 135 la valeur de clockClass qu'elle utilise. Elle calcule ensuite si l'erreur de temps à sa sortie est toujours dans les limites de la spécification du mode maintien. Lorsque l'horloge T-BC détermine que l'erreur de temps à sa sortie est hors des limites de la spécification du mode maintien, elle décline à 165 la valeur de clockClass qu'elle utilise (oscillateur interne ou signal de fréquence de couche physique reçu à une interface externe).

NOTE 1 – La spécification applicable du mode maintien dépend de la conception du réseau de synchronisation et du bilan associé. On trouvera à l'Appendice V de la Recommandation [UIT-T G.8271.1] des exemples de bilan de réseau. Une valeur type attribuée pour le mode maintien, décrite dans le scénario de défaillance (b) du Tableau V.1 de la Recommandation [UIT-T G.8271.1], lors de l'utilisation d'une horloge T-GM ou T-BC en mode maintien tout en respectant une erreur de temps totale de 1,5 µs, est de 400 ns.

Tableau 2 – Valeurs applicables de clockClass

Description de la traçabilité de phase/temps	defaultDS. clockQuality. clockClass	Drapeau frequencyTraceable	Drapeau timeTraceable
Horloge T-GM connectée à une horloge PRTC en mode verrouillé (p.ex. horloge PRTC traçable au système GNSS)	6	TRUE	TRUE
Horloge T-GM en mode maintien, dans les limites de la spécification du mode maintien, traçable à une source de fréquence de catégorie 1 (Note 1)	7	TRUE	TRUE
Horloge T-GM en mode maintien, dans les limites de la spécification du mode maintien, non traçable à une source de fréquence de catégorie 1 (Note 1)	7	FALSE	TRUE
Horloge T-BC en mode maintien, dans les limites de la spécification du mode maintien, traçable à une source de fréquence de catégorie 1 (Note 1)	135	TRUE	TRUE
Horloge T-BC en mode maintien, dans les limites de la spécification du mode maintien, non traçable à une source de fréquence de catégorie 1 (Note 1)	135	FALSE	TRUE
Horloge T-GM en mode maintien, hors des limites de la spécification du mode maintien, traçable à une source de fréquence de catégorie 1 (Note 1)	140	TRUE	FALSE
Horloge T-GM en mode maintien, hors des limites de la spécification du mode maintien, traçable à une source de fréquence de catégorie 2 (Note 1)	150	FALSE	FALSE
Horloge T-GM en mode maintien, hors des limites de la spécification du mode maintien, traçable à une source de fréquence de catégorie 3 (Note 1)	160	FALSE	FALSE
Horloge T-BC en mode maintien, hors des limites de la spécification du mode maintien (Note 1)	165	(Note 2)	FALSE
Horloge T-GM ou T-BC sans référence de temps depuis le début	248	(Note 2)	FALSE
Horloge OC en mode esclave uniquement (n'envoie pas de messages <i>Announce</i>)	255	(Note 2)	Cf. PTP

Tableau 2 – Valeurs applicables de clockClass

Description de la traçabilité de phase/temps	defaultDS. clockQuality. clockClass	Drapeau frequencyTraceable	Drapeau timeTraceable
<p>NOTE 1 – Le seuil de spécification du mode maintien qui contrôle le temps passé à annoncer la valeur 7 ou 135 de clockClass pourrait être mis à zéro, afin que l'horloge T-GM ou T-BC annonce une valeur de clockClass déclassée directement après avoir perdu la traçabilité à une horloge PRTC. Dans ce cas, immédiatement après l'annonce de la valeur 140, 150, 160 ou 165 de clockClass, une horloge peut encore être dans les limites de la spécification du mode maintien.</p> <p>NOTE 2 – Le drapeau frequencyTraceable peut être à TRUE ou à FALSE, en fonction de la disponibilité d'un signal d'entrée de fréquence de couche physique traçable à une horloge PRC.</p> <p>NOTE 3 – En option, la plage de valeurs de clockClass pour une horloge T-BC peut être étendue de (135, 165, 248) à (135, 140, 150, 160, 165, 248) pour certains cas, où (a) 140, 150, 160 et 165 correspondent à la qualité de la référence de fréquence, (b) les conditions dans lesquelles 140, 150 et 160 s'appliquent sont les mêmes que pour l'horloge T-GM, et (c) 165 correspond à l'horloge d'équipement Ethernet synchrone (EEC). Si cette option est utilisée, dans un même domaine PTP, toutes les horloges PTP devraient mettre en oeuvre cette option (et ne devraient pas être associées à des horloges qui ne mettent pas en oeuvre cette option). Les détails nécessitent un complément d'étude.</p> <p>NOTE 4 – Le terme "maintien" dans ce tableau désigne le "maintien de l'heure".</p>			

Le Tableau 3 décrit la correspondance entre les niveaux de qualité (QL) d'horloge définis dans la Recommandation [UIT-T G.781] et les sources de fréquence des catégories 1, 2 et 3 utilisées dans le Tableau 2.

Tableau 3 – Correspondance entre les niveaux de qualité (QL) d'horloge [UIT-T G.781] et les sources de fréquence des catégories 1, 2 et 3

Catégorie (voir le Tableau 2)	QL option I UIT-T G.781	QL option II UIT-T G.781
Source de fréquence de catégorie 1	QL-PRC	QL-PRS
Source de fréquence de catégorie 2	QL-SSU-A	QL-ST2
Source de fréquence de catégorie 3	QL-SSU-B	QL-ST3E

NOTE 2 – Le cas d'une horloge T-BC faisant office de grand maître, avec un signal d'entrée de phase/temps externe émanant d'une horloge PRTC, est géré au moyen d'un port PTP virtuel avec des attributs E_{rbest} associés tels que décrits dans l'Annexe C de la présente Recommandation. Le cas général d'une horloge T-BC avec un signal d'entrée de synchronisation externe de phase/temps n'émanant pas d'une horloge PRTC nécessite un complément d'étude.

Le Tableau 4 présente un sous-ensemble des valeurs de clockClass du Tableau 2 en fonction de la qualité de la référence de fréquence et les valeurs correspondantes utilisées par certains équipements déployés avant la présente Recommandation.

NOTE 3 – Lorsque l'interopérabilité avec des équipements déployés avant la présente Recommandation est nécessaire, les deux ensembles de valeurs de clockClass devraient être pris en charge. D'autres aspects peuvent être nécessaires pour une interopérabilité totale.

Tableau 4 – Valeurs de clockClass pour les équipements déployés avant la présente Recommandation

Description de la traçabilité de phase/temps	Valeurs définies dans le Tableau 2	Valeurs avant la présente Rec.
Horloge T-GM connectée à une horloge PRTC en mode verrouillé (p.ex. horloge PRTC traçable au système GNSS)	6	6
Horloge T-GM en mode maintien, hors des limites de la spécification du mode maintien, traçable à une source de fréquence de catégorie 1 (Note 1)	140	7
Horloge T-GM en mode maintien, hors des limites de la spécification du mode maintien, traçable à une source de fréquence de catégorie 2 (Note 1)	150	(Note 2)
Horloge T-GM en mode maintien, hors des limites de la spécification du mode maintien, traçable à une source de fréquence de catégorie 3 (Note 1)	160	52
Horloge T-BC en mode maintien, hors des limites de la spécification du mode maintien, utilisant une source de fréquence non spécifiée (Note 1)	165	187
Horloge OC en mode esclave uniquement (n'envoie pas de messages <i>Announce</i>)	255	255
NOTE 1 – Immédiatement après l'annonce de valeurs de clockClass supérieures à 6, une horloge peut encore être dans les limites de la spécification du mode maintien.		
NOTE 2 – Se référer à la valeur applicable spécifiée pour l'équipement.		

7 Profil UIT-T du protocole PTP pour la distribution de phase/temps avec prise en charge complète du rythme dans le réseau

Le profil PTP pour la distribution de phase/temps avec prise en charge complète du rythme dans le réseau figure dans l'Annexe A.

8 Aspects de sécurité

A étudier.

Annexe A

Profil UIT-T du protocole PTP pour la distribution de phase/temps avec prise en charge complète du rythme dans le réseau

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

La présente annexe contient le profil télécom du protocole PTP pour la distribution de phase/temps avec prise en charge complète du rythme dans le réseau, conformément aux exigences de la norme [IEEE 1588]. Pour pouvoir déclarer la conformité à ce profil télécom du protocole PTP, il faut respecter à la fois les exigences énoncées dans la présente 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 phase/temps avec prise en charge complète du rythme dans le réseau

profileVersion: 2.0

profileIdentifiant: 00-19-A7-01-02-00

Ce profil est spécifié par l'UIT-T.

Une copie peut être obtenue sur le site www.itu.int.

NOTE – La version 1 de ce profil imposait une plage limitée concernant les valeurs acceptables de clockClass, clockAccuracy, offsetScaledLogVariance et, pour l'horloge T-TSC, priority2. La réception de valeurs en dehors de la plage acceptable entraînait le rejet du message Announce. Dans la version 2 du profil, la plage de valeurs acceptables est étendue à la plage complète du protocole PTP. Dans les réseaux déployant des horloges ePRTC, qui utilisent de nouvelles valeurs de clockAccuracy et offsetScaledLogVariance qui sont en dehors de la plage de la version 1, toutes les horloges doivent utiliser la version 2 du profil. Si on ne souhaite déployer aucune horloge ePRTC dans le réseau, le réseau peut fonctionner avec à la fois des horloges de la version 1 et des horloges de la version 2.

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, A.5, A.6 et A.7. Pour les attributs clockClass, clockAccuracy, offsetScaledLogVariance et priority2, les plages indiquées sont celles correspondant à defaultDS.

NOTE – Une horloge en limite suit les règles de la norme [IEEE 1588] pour la sélection de l'horloge parent, la mise à jour de parentDS et la transmission des messages Announce, de sorte qu'elle peut transmettre des valeurs différentes de celles de defaultDS.

Les attributs non spécifiés ce profil doivent utiliser les valeurs d'initialisation par défaut et les plages définies dans la norme [IEEE 1588].

Ces tableaux fournissent la valeur d'initialisation par défaut et la plage pour chaque membre de l'ensemble de données pour les horloges suivantes:

- grand maître pour les télécommunications: horloge ordinaire ou horloge en limite qui peut uniquement faire office de grand maître (T-GM conformément à la Recommandation [UIT-T G.8275] – première horloge PTP de la chaîne);
- horloge de temps asservie pour les télécommunications: horloge ordinaire avec clockClass = 255 (T-TSC conformément à la Recommandation [UIT-T G.8275] – dernière horloge PTP de la chaîne);
- horloge en limite pour les télécommunications: horloge en limite qui peut éventuellement être grand maître; une telle horloge sera grand maître s'il s'agit de la meilleure horloge du

réseau (T-BC conformément à la Recommandation [UIT-T G.8275] – horloges PTP intermédiaires de la chaîne);

- horloge transparente pour les télécommunications: horloge transparente de bout en bout (T-TC conformément à la Recommandation [UIT-T G.8275] – horloge PTP intermédiaire de la chaîne).

La correspondance entre ces types d'horloge PTP et les horloges de phase/temps définies dans l'architecture [UIT-T G.8275] est décrite dans le Tableau 1, paragraphe 6.2.3.

Les attributs définis dans les Tableaux A.6 et A.7 pour une horloge transparente sont en option.

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 le grand maître pour les télécommunications		Exigences pour l'horloge de temps asservie pour les télécommunications		Exigences pour l'horloge en limite pour les télécommunications	
		Valeur d'initialisation par défaut	Plage	Valeur d'initialisation par défaut	Plage	Valeur d'initialisation par défaut	Plage
8.2.1.2.1	defaultDS.twoStepFlag (statique)	Cf. PTP	{FALSE, TRUE}	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	Cf. PTP, sur la base du format EUI-64	Cf. PTP
8.2.1.2.3	defaultDS.numberPorts (statique)	1 pour OC Cf. PTP pour BC	{1} pour OC Cf. PTP pour BC	1	{1}	Cf. PTP	Cf. PTP
8.2.1.3.1.1	defaultDS.clockQuality.clockClass (dynamique)	248	{6, 7, 140, 150, 160, 248}	255	{255}	248	{135, 165, 248}
8.2.1.3.1.2	defaultDS.clockQuality.clockAccuracy (dynamique)	0xFE	{0x20, 0x21, 0xFE} (Note)	0xFE	{0xFE}	0xFE	{0xFE}
8.2.1.3.1.3	defaultDS.clockQuality.of fsetScaledLogVariance (dynamique)	0xFFFF	{0x4B32, 0x4E5D, 0xFFFF} (Note)	0xFFFF	{0xFFFF }	0xFFFF	{0xFFFF}
8.2.1.4.1	defaultDS.priority1 (configurable)	128	{128}	128	{128}	128	{128}
8.2.1.4.2	defaultDS.priority2 (configurable)	128	{0-255}	255	{255}	128	{0-255}
8.2.1.4.3	defaultDS.domainNumber (configurable)	24	{24-43}	24	{24-43}	24	{24-43}
8.2.1.4.4	defaultDS.slaveOnly (configurable)	FALSE	{FALSE}	TRUE	{TRUE}	FALSE	{FALSE}
Nouveau membre	defaultDS.localPriority (configurable)	128	{1-255}	128	{1-255}	128	{1-255}
Nouveau membre	defaultDS.maxStepsRemoved (configurable)	255	{1-255}	255	{1-255}	255	{1-255}

NOTE – On trouvera au paragraphe 6.3.5 des exemples de valeurs applicables.

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 le grand maître pour les télécommunications		Exigences pour l'horloge de temps asservie pour les télécommunications		Exigences pour l'horloge en limite pour les télécommunications	
		Valeur d'initialisation par défaut	Plage	Valeur d'initialisation par défaut	Plage	Valeur d'initialisation par défaut	Plage
8.2.2.2	currentDS.stepsRemoved (dynamique)	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP
8.2.2.3	currentDS.offsetFromMaster (dynamique)	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP
8.2.2.4	currentDS.meanPathDelay (dynamique)	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP

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 le grand maître pour les télécommunications		Exigences pour l'horloge de temps asservie pour les télécommunications		Exigences pour l'horloge en limite pour les télécommunications	
		Valeur d'initialisation par défaut	Plage	Valeur d'initialisation par défaut	Plage	Valeur d'initialisation par défaut	Plage
8.2.3.2	parentDS.parentPortIdentity (dynamique)	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP
8.2.3.3	parentDS.parentStatus (dynamique)	(Note)	(Note)	(Note)	(Note)	(Note)	(Note)
8.2.3.4	parentDS.observedParentOffsetScaledLogVariance (dynamique)	(Note)	(Note)	(Note)	(Note)	(Note)	(Note)
8.2.3.5	parentDS.observedParentClockPhaseChangeRate (dynamique)	(Note)	(Note)	(Note)	(Note)	(Note)	(Note)
8.2.3.6	parentDS.grandmasterIdentity (dynamique)	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP
8.2.3.7	parentDS.grandmasterClockQuality (dynamique)	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. TP	Cf. PTP
8.2.3.8	parentDS.grandmasterPriority1 (dynamique)	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP
8.2.3.9	parentDS.grandmasterPriority2 (dynamique)	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP

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

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 le grand maître pour les télécommunications		Exigences pour l'horloge de temps asservie pour les télécommunications		Exigences pour l'horloge en limite pour les télécommunications	
		Valeur d'initialisation par défaut	Plage	Valeur d'initialisation par défaut	Plage	Valeur d'initialisation par défaut	Plage
8.2.4.2	timePropertiesDS.currentUtcOffset (dynamique)	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP
8.2.4.3	timePropertiesDS.currentUtcOffsetValid (dynamique)	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}
8.2.4.4	timePropertiesDS.leap59 (dynamique)	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}
8.2.4.5	timePropertiesDS.leap61 (dynamique)	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}
8.2.4.6	timePropertiesDS.timeTraceable (dynamique)	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}
8.2.4.7	timePropertiesDS.frequencyTraceable (dynamique)	FALSE	{FALSE, TRUE} Note	FALSE	{FALSE, TRUE} Note	FALSE	{FALSE, TRUE} Note
8.2.4.8	timePropertiesDS.ptpTimescale (dynamique)	TRUE	{TRUE}	TRUE	{TRUE}	TRUE	{TRUE}
8.2.4.9	timePropertiesDS.timeSource (dynamique)	0xA0	Cf. PTP	0xA0	Cf. PTP	0xA0	Cf. PTP

NOTE – Si l'horloge est traçable à une horloge PRTC en mode verrouillé ou à une horloge PRC (par exemple, en utilisant un signal d'entrée de fréquence de couche physique traçable à une horloge PRC), ce paramètre doit être mis à TRUE, sinon il doit être à FALSE.

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 un port maître du grand maître pour les télécommunications		Exigences pour un port esclave de l'horloge de temps asservie pour les télécommunications		Exigences pour l'horloge en limite pour les télécommunications	
		Valeur d'initialisation par défaut	Plage	Valeur d'initialisation par défaut	Plage	Valeur d'initialisation par défaut	Plage
8.2.5.2.1	portDS.portIdentity.clockIdentity (statique)	Cf. PTP, sur la base du format EUI-64	Cf. PTP	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.portNumber (statique)	1 pour OC Cf. PTP pour BC	{1} pour OC Cf. PTP pour BC	1	{1}	Cf. PTP	Cf. PTP

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 un port maître du grand maître pour les télécommunications		Exigences pour un port esclave de l'horloge de temps asservie pour les télécommunications		Exigences pour l'horloge en limite pour les télécommunications	
8.2.5.3.1	portDS.portState (dynamique)	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP	Cf. PTP
8.2.5.3.2	portDS.logMinDelayReqInterval (dynamique)	-4	{-4}	-4	{-4}	-4	{-4}
8.2.5.3.3	portDS.peerMeanPathDelay (dynamique)	(Note 1)	(Note 1)	(Note 1)	(Note 1)	(Note 1)	(Note 1)
8.2.5.4.1	portDS.logAnnounceInterval (configurable)	-3	{-3}	-3 (Note 2)	{-3} (Note 2)	-3	{-3}
8.2.5.4.2	portDS.announceReceiptTimeout (configurable)	3	{3 - z} z est à étudier	3	{3 - z} z est à étudier	3	{3 - z} z est à étudier
8.2.5.4.3	portDS.logSyncInterval (configurable)	-4	{-4}	-4 (Note 2)	{-4} (Note 2)	-4	{-4}
8.2.5.4.4	portDS.delayMechanism (configurable)	01	{01}	01	{01}	01	{01}
8.2.5.4.5	portDS.logMinPdelayReqInterval (configurable)	(Note 1)	(Note 1)	(Note 1)	(Note 1)	(Note 1)	(Note 1)
8.2.5.4.6	portDS.versionNumber (configurable)	2	{2}	2	{2}	2	{2}
Nouveau membre	portDS.masterOnly (configurable)	TRUE	{TRUE}	FALSE	{FALSE}	TRUE	{TRUE, FALSE}
Nouveau membre	portDS.localPriority (configurable)	128	{1-255}	128	{1-255}	128	{1-255}
NOTE 1 – Cf. PTP, sans objet pour ce profil.							
NOTE 2 – Ce type de message n'est pas envoyé par une horloge OC en mode esclave uniquement.							

Tableau A.6 – Spécifications des membres de l'ensemble de données transparentClockDefaultDS

Paragraphe de la norme [IEEE 1588]	Membres de l'ensemble de données	Exigences pour l'horloge transparente pour les télécommunications	
		Valeur d'initialisation par défaut	Plage
8.3.2.2.1	transparentClockDefaultDS.clockIdentity (statique)	Cf. PTP, sur la base du format EUI-64	Cf. PTP
8.3.2.2.2	transparentClockDefaultDS.numberPorts (statique)	Cf. PTP pour TC	Cf. PTP pour TC
8.3.2.3.1	transparentClockDefaultDS.delayMechanism (configurable)	01	{01}
8.3.2.3.2	transparentClockDefaultDS.primaryDomain (configurable)	24	{24-43}

**Tableau A.7 – Spécifications des membres de l'ensemble de données
transparentClockPortDS**

Paragraphe de la norme [IEEE 1588]	Membres de l'ensemble de données	Exigences pour l'horloge transparente pour les télécommunications	
		Valeur d'initialisation par défaut	Plage
8.3.3.2.1	transparentClockPortDS.portIdentity (statique)	Cf. PTP, sur la base du format EUI-64	Cf. PTP
8.3.3.3.1	transparentClockPortDS.logMinPdelayReqInterval (dynamique)	(Note 1)	(Note 1)
8.3.3.3.2	transparentClockPortDS.faultyFlag (dynamique)	FALSE	{FALSE, TRUE}
8.3.3.3.3	transparentClockPortDS.peerMeanPathDelay (dynamique)	(Note 1)	(Note 1)
NOTE 1 – Cf. PTP, sans objet pour ce profil			

A.3 Options PTP

A.3.1 Types de noeud requis, permis ou interdits

Dans ce profil, les types de noeuds permis sont les suivants: horloges ordinaires, horloges en limite et horloges transparentes de bout en bout.

Dans ce profil, les types de noeuds interdits sont les suivants: horloges transparentes d'homologue à homologue.

A.3.2 Mode d'horloge en une ou deux étapes

Sont permises à la fois les horloges en une étape et celles en deux étapes. Une horloge doit être capable de recevoir et de traiter les messages transmis à la fois par les horloges en une étape et celles en deux étapes. Il n'est pas obligatoire qu'une horloge prenne en charge à la fois le mode en une étape et celui en deux étapes pour la transmission de messages.

A.3.3 Mécanismes de transport requis, permis ou interdits

Dans ce profil, le mécanisme de transport requis est IEEE 802.3/Ethernet, conformément à l'Annexe F de la norme [IEEE 1588]. La conformité à ce profil exige de prendre en charge à la fois l'adresse de multidiffusion non transmissible, 01-80-C2-00-00-0E et l'adresse de multidiffusion transmissible, 01-1B-19-00-00-00.

Tous les autres mécanismes de transport nécessitent un complément d'étude dans le cadre de ce profil.

A.3.4 Messages monodiffusés

Tous les messages sont envoyés en multidiffusion, en utilisant l'une des deux adresses de multidiffusion du paragraphe A.3.3. Le mode monodiffusion n'est pas permis dans cette version du profil.

A.4 Options pour l'algorithme de la meilleure horloge maîtresse

Ce profil utilise la variante de l'algorithme BMCA décrite au paragraphe 6.3 de la présente Recommandation.

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

Pour le temps de propagation, le mécanisme de demande/réponse est utilisé dans ce profil. Le mécanisme entre homologues ne doit pas être utilisé dans ce profil.

A.6 Format d'identité de l'horloge

L'utilisation du format EUI-64 IEEE pour générer l'identité de l'horloge doit être prise en charge comme indiqué au paragraphe 7.5.2.2.2 de la norme [IEEE 1588]. Les formats non IEEE de clockIdentity ne sont pas pris en charge.

A.7 Options pour la gestion de la configuration

Les aspects de gestion nécessitent un complément d'étude, et seront spécifiés dans une future version de ce profil.

A.8 Aspects de sécurité

Les aspects de sécurité nécessitent un complément d'étude. Le protocole de sécurité expérimental de l'Annexe K de la norme [IEEE 1588] n'est pas utilisé.

A.9 Autres caractéristiques optionnelles de la norme IEEE 1588

D'autres caractéristiques optionnelles de la norme [IEEE 1588] ne sont pas utilisées dans cette version du profil, en particulier: négociation des messages monodiffusés (paragraphe 16.1 de la norme [IEEE 1588]), autres échelles de temps (paragraphe 16.3 de la norme [IEEE 1588]), groupes de grands maîtres (paragraphe 17.3 de la norme [IEEE 1588]), autre maître (paragraphe 17.4 de la norme [IEEE 1588]), découverte monodiffusion (paragraphe 17.5 de la norme [IEEE 1588]), table de maîtres acceptables (paragraphe 17.6 de la norme [IEEE 1588]) et décalage de facteur d'échelle de fréquence cumulatif expérimental (Annexe L de la norme [IEEE 1588]).

A.10 Drapeaux PTP dans l'en-tête commun

Le Tableau A.8 donne les valeurs des drapeaux PTP dans l'en-tête commun et précise si chaque drapeau est utilisé ou non dans ce profil.

NOTE – Certains de ces drapeaux ne sont pas utilisés dans tous les messages PTP mais uniquement dans certains d'entre eux; voir le paragraphe 13.3.2.6 de la norme [IEEE 1588]. La règle suivante définie au paragraphe 13.3.2.6 de la norme [IEEE 1588] doit être respectée: "Pour les types de messages où le bit n'est pas défini dans le Tableau 20 de la norme [IEEE 1588], les valeurs doivent être à FALSE."

Tableau A.8 – Drapeaux PTP

Drapeau	Valeur à envoyer	Comportement du noeud récepteur
alternateMasterFlag	FALSE	Le drapeau est ignoré
twoStepFlag	Cf. PTP	Utilisé
unicastFlag	FALSE	Le drapeau est ignoré
PTP profile Specific 1	FALSE	Le drapeau est ignoré
PTP profile Specific 2	FALSE	Le drapeau est ignoré
Reserved	FALSE	Réservé par le protocole PTP et le drapeau est ignoré
leap61	Cf. PTP	Utilisé
leap59	Cf. PTP	Utilisé
currentUtcOffsetValid	Cf. PTP	Utilisé
ptpTimescale	TRUE	Utilisé
timeTraceable	Voir le Tableau 2	Utilisé
frequencyTraceable	Voir le Tableau 2	Utilisé
Octet 1, bit 6	(Note 1)	(Note 1)
NOTE 1 – On trouvera dans l'Annexe E la définition d'un drapeau supplémentaire "synchronizationUncertain", dont l'utilisation est optionnelle.		

Annexe B

Options pour établir la topologie PTP avec la variante de l'algorithme BMCA

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

Ce profil télécom du protocole PTP définit une variante de l'algorithme BMCA qui permet d'utiliser deux approches principales pour établir la topologie du réseau de synchronisation de phase/temps:

- Etablissement automatique de la topologie: Lors de la configuration des attributs localPriority définis dans la présente Recommandation à leur valeur par défaut, la topologie PTP est établie automatiquement par la variante de l'algorithme BMCA sur la base des messages *Announce* échangés par les horloges PTP, aboutissant à la construction d'un arbre de synchronisation avec les chemins les plus courts jusqu'aux horloges T-GM. Dans ce mode, en cas de défaillance ou de reconfiguration de la topologie, la variante de l'algorithme BMCA sera exécutée à nouveau et donnera un nouvel arbre de synchronisation. Cette utilisation de la variante de l'algorithme BMCA garantit qu'aucune boucle de rythme ne sera créée, sans nécessiter une intervention manuelle ou une analyse préalable du réseau. Le temps de convergence vers la nouvelle topologie PTP dépend de la taille du réseau et de la configuration spécifique des paramètres PTP.
- Planification manuelle du réseau: L'utilisation des attributs localPriority définis dans la présente Recommandation avec des valeurs différentes de leur valeur par défaut permet de construire manuellement la topologie du réseau de synchronisation, de manière analogue au cas des réseaux de la hiérarchie numérique synchrone (SDH), pour lesquels on utilise le message d'état de synchronisation (SSM). Cette option permet un contrôle total des actions en cas de défaillance ou de reconfiguration de la topologie, sur la base des priorités locales configurées pour le système. Toutefois, il est nécessaire de planifier le réseau avec soin avant le déploiement afin d'éviter les boucles de rythme.

Annexe C

Inclusion d'une interface d'entrée de phase/temps externe dans une horloge T-BC

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

La présente annexe décrit le modèle à utiliser pour l'inclusion d'une interface d'entrée de phase/temps externe dans une horloge T-BC, afin que ce port externe puisse participer à la sélection de la source. Les principes de haut niveau sont exposés dans la présente annexe.

Un port PTP virtuel et un E_{rbest} virtuel sont associés à l'entrée de phase/temps externe (par exemple en provenance d'une horloge PRTC) de l'horloge T-BC, afin de permettre à cette interface externe de participer au protocole PTP.

Les attributs suivants sont associés au port PTP virtuel:

- clockClass;
- clockAccuracy;
- offsetScaledLogVariance;
- localPriority.

Si une horloge PRTC est connectée à l'interface de phase/temps externe, l'attribut stepsRemoved doit être mis à zéro.

L'identité grandmasterIdentity attribuée au port PTP virtuel correspond l'identité clockIdentity de l'horloge T-BC proprement dite. Le numéro portNumber affecté au port PTP virtuel est mis à une valeur différente des valeurs de portNumber déjà affectées aux ports PTP de l'horloge T-BC.

Les valeurs attribuées au port PTP virtuel pour les autres paramètres utilisés dans l'algorithme de comparaison d'ensembles de données nécessitent un complément d'étude.

NOTE 1 – Le cas général d'une horloge T-BC avec un signal d'entrée de synchronisation externe de phase/temps n'émanant pas d'une horloge PRTC nécessite un complément d'étude.

NOTE 2 – Si l'interface de phase/temps externe contient un canal de données de l'heure du jour pour transmettre les informations horaires et des informations associées, ces informations doivent être prises en considération lorsqu'il s'agit de déterminer les valeurs des attributs PTP pertinents du port PTP virtuel. Les détails sur les informations horaires à transmettre nécessitent un complément d'étude. On trouvera une première description à l'Appendice III de la Recommandation [UIT-T G.8272].

Annexe D

Trace du trajet (en option)

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

Pour suivre le trajet réel de la référence de synchronisation PTP dans le réseau, l'option de trace du trajet conformément au paragraphe 16.2 de la norme [IEEE 1588] peut éventuellement être prise en charge par les horloges PTP conformes à ce profil.

Il s'agit d'une caractéristique optionnelle; cependant, en cas de prise en charge, celle-ci doit être telle qu'elle est décrite ci-dessous.

Par exemple, cette option peut être utilisée pour faciliter l'analyse en vue du dépannage en cas de défaillance du réseau.

Il devrait être possible de configurer une horloge PTP de telle sorte que l'information TLV (type, longueur, valeur) pour la trace du trajet ne soit pas retransmise par cette horloge (ce qui pourrait, par exemple, être nécessaire aux interfaces d'administration du réseau).

NOTE 1 – Il pourrait y avoir des cas où les horloges PTP du réseau ne prennent pas toutes en charge l'information TLV pour la trace du trajet. Le comportement attendu est que, dans le cas d'un message Announce entrant contenant l'information TLV pour la trace du trajet, cette information est rejetée par les noeuds concernés.

NOTE 2 – Les horloges T-TC sur le trajet pourraient ajouter leur propre identité clockIdentity dans l'information TLV pour la trace du trajet.

Annexe E

Indication de synchronisation incertaine (en option)

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

La présente annexe est en option, mais si elle est mise en oeuvre, les équipements doivent être conformes aux exigences qui y sont énoncées. Lorsqu'une horloge PTP sélectionne un nouveau parent comme source temporelle de synchronisation, le port PTP associé à ce nouveau parent passe dans l'état UNCALIBRATED. Cet état du port PTP indique que l'horloge PTP est en cours de synchronisation sur la source temporelle. La durée et la fonctionnalité de cet état dépendent de la mise en oeuvre. Pendant cette période, il se peut que l'horloge PTP présente des changements importants ou rapides de fréquence et de phase; alors qu'il est souhaitable que les informations mises à jour pour le parent soient transmises en aval pour permettre la mise en place de la topologie, il peut ne pas être souhaitable que les horloges PTP en aval utilisent les informations de rythme. Par conséquent, il serait utile d'informer les horloges PTP en aval de l'état UNCALIBRATED.

Le booléen local `synchronizationUncertain` utilisé avec les messages `Announce` transmis par un port de sortie est à `FALSE` sauf dans les conditions suivantes, dans lesquelles il doit être à `TRUE`:

- le drapeau `synchronizationUncertain` du message `Announce` reçu en provenance de l'horloge parent est à `TRUE`; ou
- le port d'entrée est dans l'état `UNCALIBRATED`; ou
- critères propres à la mise en oeuvre.

Lorsque la condition `synchronizationUncertain` est à `TRUE`, alors dans le message `Announce` transmis, le champ `flagField` (bit 6 de l'octet 1) est mis à 1. Sinon, lorsque la condition `synchronizationUncertain` est à `FALSE`, le bit est mis à 0.

Annexe F

Utilisation de stepsRemoved pour limiter la chaîne de référence (en option)

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

Le paramètre stepsRemoved, défini dans la norme [IEEE1588], sert à indiquer la distance entre une horloge et l'horloge grand maître dans le réseau. Au départ, il devait aider à détecter les trajets cycliques dans les systèmes PTP. Par défaut, une horloge ne doit pas valider les messages Announce dans lesquels le champ stepsRemoved est égal ou supérieur à 255 afin que les trames indésirables soient éliminées.

Ce profil inclut un membre de l'ensemble de données par défaut, maxStepsRemoved, qui permet à l'opérateur de configurer une valeur inférieure à 255. La valeur configurée est généralement la même dans toutes les horloges du domaine PTP. Une fois la configuration effectuée, une horloge ne valide pas les messages Announce reçus dans lesquels le champ stepsRemoved de l'en-tête d'entrée a une valeur égale ou supérieure à celle du champ maxStepsRemoved. On distingue deux cas d'utilisation de base pour cette configurabilité.

Premièrement, si l'on se réfère aux Recommandations [UIT-T G.8271.1] et [UIT-T G.8275], une analyse a montré qu'il est possible de traverser jusqu'à 20 horloges entre le grand maître et l'esclave tout en maintenant une bonne qualité de fonctionnement du réseau. Si l'opérateur souhaite garantir que la qualité de fonctionnement du réseau reste dans les limites spécifiées ou que la longueur de la chaîne n'est pas dépassée, il peut configurer une valeur plus petite (par exemple 20 ou 21).

Deuxièmement, si l'opérateur déploie le protocole PTP dans une topologie en anneau, il peut configurer le paramètre maxStepsRemoved à une valeur plus petite afin que les horloges puissent identifier plus rapidement les trames indésirables et prendre des mesures correctrices pour les éliminer et mettre à jour la topologie.

Appendice I

Considérations sur l'utilisation d'une horloge transparente

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

L'intégration d'une horloge transparente dans ce profil est considérée comme particulièrement intéressante pour des applications telles que les dispositifs à 2 ports.

Pour des topologies plus complexes et des dispositifs multiports, une analyse minutieuse est recommandée. En particulier, si l'opérateur souhaite éviter que le réseau soit inondé par des paquets multidiffusés, une certaine configuration des noeuds peut être nécessaire.

Certaines options pourraient être envisagées, par exemple, configurer les horloges T-TC moyennant l'insertion d'une étiquette VLAN dans les trames acheminant le protocole PTP. Dans ce cas, toutes les horloges T-TC sur le trajet de communication PTP dans lesquelles cette option est utilisée doivent prendre en charge cette option. Le dernier noeud T-TC doit supprimer l'étiquette VLAN. Lorsque cette option est utilisée pour connecter les ports physiques des horloges T-GM, T-BC et T-TSC via des connexions virtuelles VLAN passant par les horloges T-TC, l'inondation due à la multidiffusion peut être évitée. Ainsi, le port PTP d'une horloge T-GM, T-BC ou T-TSC ne traitera jamais une trame avec une étiquette VLAN.

Il est nécessaire d'examiner avec soin les conséquences opérationnelles connexes.

Appendice II

Considérations sur l'émission des messages *Delay_Req*

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

Le présent appendice traite des exigences définies dans la norme [IEEE 1588] pour l'émission des messages *Delay_Req* lors de l'utilisation de la distribution uniforme par défaut définie à la troisième puce du paragraphe 9.5.11.2 de la norme [IEEE 1588]. Cette distribution uniforme n'est pas utilisée dans le profil télécom du protocole PTP défini dans la présente Recommandation; une distribution propre au profil a été définie au paragraphe 6.2.8.

L'exigence énoncée à la deuxième puce du paragraphe 9.5.11.2 de [IEEE 1588] contrôle la variabilité du laps de temps entre deux messages *Delay_Req* successifs. Elle est analogue à l'exigence correspondante pour l'envoi de messages *Sync* et *Announce*, donnée au paragraphe 7.7.2.1 de la norme [IEEE 1588]. Cependant, il existe une différence clé, à savoir que l'exigence pour les messages *Sync* s'applique à la population des intervalles inter-messages, tandis que l'exigence pour les messages *Delay_Req* s'applique uniquement à la moyenne de la population.

Plus précisément, supposons qu'une population de N intervalles inter-messages a été mesurée et désignons par T_j les valeurs mesurées, $j = 1, 2, \dots, N$. La moyenne de l'échantillon, m , est simplement la moyenne numérique, à savoir:

$$m = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N T_j \quad (\text{II.1})$$

Soit T_{min} l'intervalle minimum pour les messages *Delay_Req*; il est égal à $2^{\text{portDS.logMinDelayReqInterval}} s$. Conformément à l'exigence énoncée à la deuxième puce précitée, la moyenne de la distribution doit être supérieure ou égale à T_{min} avec une confiance statistique de 90% ou plus.

Pour cela, le test statistique est bien connu et repose sur le fait que la distribution de m se rapproche d'une distribution normale lorsque N devient grand (c'est-à-dire qu'il repose sur le théorème central limite). Soit σ l'écart type de la distribution des laps de temps inter-messages, autrement dit la distribution de T_j . Soit $z_{0,90}$ le 90ème centile de la distribution normale standard; il est donné par $z_{0,90} = 1,281$. La probabilité que la moyenne de la distribution dépasse la grandeur

$$q_{0,1} = m - z_{0,90} \sqrt{\frac{\sigma}{N}} \quad (\text{II.2})$$

est alors de 0,9, soit 90%. La probabilité que la moyenne de la distribution soit inférieure à cette valeur est de 0,1. En outre, si σ n'est pas connu, l'écart type de l'échantillon, s , peut être utilisé dans la formule (II.2) et la distribution normale est remplacée par la distribution de Student- t avec $N - 1$ degrés de liberté. L'écart type de l'échantillon est donné par:

$$s = \left[\frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N (T_j - m)^2 \right]^{1/2} \quad (\text{II.3})$$

Pour satisfaire l'exigence, la grandeur $q_{0,1}$ doit dépasser T_{min} . D'après la formule (II.2), $q_{0,1}$ tend vers m lorsque N tend vers l'infini. Puisque m converge vers la moyenne de la distribution des laps de temps inter-messages lorsque N tend vers l'infini, l'exigence peut être satisfaite pour une valeur de N suffisamment grande tant que la moyenne de la distribution est supérieure à T_{min} . La moyenne de la distribution doit être supérieure à T_{min} ; l'exigence ne peut être satisfaite si la moyenne de la distribution est égale ou inférieure à T_{min} .

Si on choisit de se conformer à l'exigence énoncée à la troisième puce du paragraphe 9.5.11.2 de la norme [IEEE 1588], une façon de satisfaire à cette exigence est d'augmenter la partie supérieure de la distribution de probabilité de 10%. Dans ce cas, les instants d'émission sont choisis de telle sorte que l'intervalle entre deux messages *Delay_Req* successifs suive une distribution uniforme sur l'intervalle compris entre 0 et $2,2 T_{min}$. Une nouvelle valeur aléatoire pour l'intervalle d'émission est calculée pour chaque message transmis. Lors du calcul de l'intervalle moyen pour les messages *Delay_Req* à partir des échantillons mesurés pour vérifier s'il est supérieur à T_{min} avec une confiance statistique de 90% ou plus (si la troisième puce est utilisée), le nombre d'échantillons mesurés N doit être au moins de 1000. La granularité de la distribution doit être inférieure ou égale à 1/16 de l'intervalle pour les messages *Sync*.

Si on choisit de se conformer à l'exigence énoncée à la quatrième puce du paragraphe 9.5.11.2 de la norme [IEEE 1588], un message *Delay_Req* est transmis dès que possible après la réception d'un message *Sync*, sous réserve de respecter l'exigence énoncée à la deuxième puce.

Appendice III

Considérations sur le choix de l'adresse multidestinataire Ethernet PTP

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

Ce profil PTP prend en charge à la fois l'adresse de multidiffusion non transmissible 01-80-C2-00-00-0E et l'adresse de multidiffusion transmissible 01-1B-19-00-00-00 lorsque le mappage PTP défini à l'Annexe F de la norme [IEEE 1588] est utilisé.

L'adresse de multidiffusion Ethernet à utiliser dépend de la politique de l'opérateur; d'autres considérations sont présentées ci-après.

La fonction de pont de couche 2 associée au port PTP d'une horloge T-BC ou T-TC ne doit pas retransmettre une trame avec l'adresse MAC de destination 01-1B-19-00-00-00, ce qui peut être obtenu en configurant correctement cette adresse de multidiffusion dans la base de données de filtrage.

Option 1 – Utilisation de l'adresse de multidiffusion non transmissible 01-80-C2-00-00-0E

Certains opérateurs de réseau estiment que les messages PTP ne doivent jamais être retransmis par des équipements de réseau non compatibles PTP.

L'utilisation de l'adresse de multidiffusion non transmissible 01-80-C2-00-00-0E garantit cette propriété la plupart du temps (des exceptions existent pour certains équipements Ethernet d'ancienne génération).

Par conséquent, dans le cas d'une mauvaise configuration d'équipements de réseau (par exemple, si les fonctions PTP ne sont pas activées dans des équipements de réseau compatibles PTP), l'utilisation de cette adresse de multidiffusion évite toute distribution incorrecte de la synchronisation, puisque les messages PTP seront bloqués par les équipements de réseau non compatibles PTP.

Option 2 – Utilisation de l'adresse de multidiffusion transmissible 01-1B-19-00-00-00

Certains opérateurs de réseau considèrent que l'utilisation d'une adresse de multidiffusion transmissible est plus souple et qu'il est préférable de retransmettre les messages PTP pour maintenir la liaison de synchronisation en cas de mauvaise configuration de certains équipements en tant que noeuds non PTP, même s'il existe des risques potentiels de dégradation de la qualité de fonctionnement. Le système de gestion de réseau (NMS) trouvera facilement la mauvaise configuration et enverra des alarmes.

Toutefois, il est possible de bloquer les messages PTP en configurant correctement cette adresse de multidiffusion dans la base de données de filtrage de chaque équipement Ethernet.

Appendice IV

Considérations sur l'utilisation de priority2

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

L'attribut PTP priority2 est configurable dans ce profil. Dans certaines circonstances particulières, l'utilisation de l'attribut priority2 peut simplifier la gestion du réseau. Le présent appendice décrit deux cas d'utilisation; les autres cas possibles nécessitent un complément d'étude.

Cas 1

Les opérateurs peuvent configurer l'attribut PTP priority2 pour que toutes les horloges T-BC soient traçables à une seule horloge T-GM ou à deux horloges T-GM différentes en même temps.

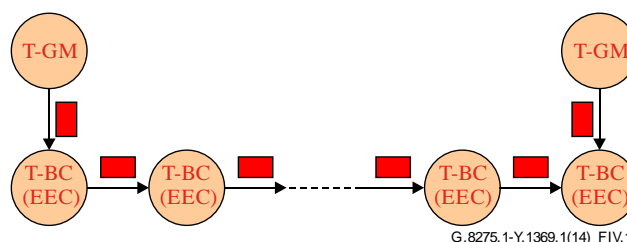


Figure IV.1 – Utilisation de priority2 avec deux horloges T-GM dans le réseau

Par exemple, dans la Figure IV.1, si tous les autres attributs PTP des deux horloges T-GM sont identiques et que les deux horloges T-GM sont configurées avec la même valeur de priority2, chaque horloge T-BC sélectionnera l'horloge T-GM correspondant au trajet le plus court. Si les deux horloges T-GM sont configurées avec des valeurs différentes de priority2, toutes les horloges T-BC se synchroniseront sur l'horloge T-GM ayant la plus petite valeur de priority2.

Cas 2

Les opérateurs peuvent configurer l'attribut PTP priority2 pour empêcher les horloges T-BC d'un réseau en amont de se synchroniser sur les horloges T-BC d'un réseau en aval lorsque l'horloge T-GM est défaillante.

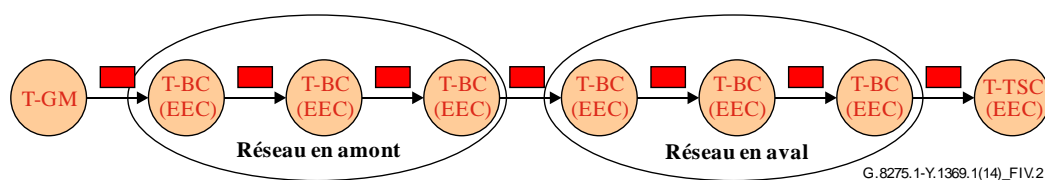


Figure IV.2 – Utilisation de priority2 avec des horloges T-BC de différentes couches de réseau

Par exemple, dans la Figure IV.2, si tous les autres attributs PTP de toutes les horloges T-BC sont identiques et que l'attribut PTP priority2 de toutes les horloges T-BC est configuré avec la même valeur, alors lorsque l'horloge T-GM est défaillante, les horloges T-BC du réseau en amont peuvent se synchroniser sur les horloges T-BC du réseau en aval, en fonction des valeurs de clockIdentity de toutes les horloges T-BC. Si les horloges T-BC du réseau en amont sont configurées avec une valeur de priority2 plus petite que celle des horloges T-BC du réseau en aval, alors, lorsque l'horloge T-GM est défaillante, les horloges T-BC du réseau en aval se synchroniseront sur les horloges T-BC du réseau en amont.

Appendice V

Description des états d'horloge PTP et du contenu associé des messages Announce

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

V.1 Objet de l'Appendice

Le présent appendice donne des informations relatives aux états d'horloge T-GM et T-BC possibles, le but étant de fournir une indication de haut niveau de l'état opérationnel de l'horloge toute entière, et pas simplement des différents ports PTP. Il donne la correspondance entre les états d'horloge et les états de port PTP tels que définis dans la norme [IEEE 1588]. En outre, un tableau indique le contenu des champs de message *Announce* en fonction des différents états d'horloge.

S'il est inclus dans une mise en oeuvre, l'état d'horloge *Acquiring* permet à une horloge T-GM ou T-BC de retarder la distribution d'informations GM transmises par l'horloge. Le but de cet état est de laisser un certain temps à une horloge T-GM ou T-BC pour établir une échelle de temps avec une précision acceptable avant de l'utiliser pour le signal de temps du noeud de l'horloge.

NOTE – Les procédures définies dans le présent appendice pour l'état d'horloge *Acquiring* ne sont pas conformes aux procédures de la norme [IEEE 1588] et le retard introduit par cet état peut avoir une incidence sur le temps de stabilisation global lors de reconfigurations de la topologie PTP.

Les déploiements de réseau avec des horloges utilisant les procédures du présent Appendice relèvent de la responsabilité de l'opérateur.

V.2 Description des états

– Etat Free-Run (fonctionnement libre)

L'horloge PTP n'a jamais été synchronisée sur une source temporelle et n'est pas en cours de synchronisation sur une source temporelle.

En ce qui concerne l'état des ports PTP défini dans la norme [IEEE 1588], une horloge est dans l'état *Free-Run* si aucun port PTP n'est dans l'état *MASTER*, *PRE-MASTER*, *PASSIVE*, *UNCALIBRATED* ou *SLAVE*.

– Etat Acquiring (acquisition)

L'horloge PTP est en cours de synchronisation sur une source temporelle. La durée et la fonctionnalité de cet état dépendent de la mise en oeuvre. Cet état n'est pas obligatoire dans une mise en oeuvre.

En ce qui concerne l'état des ports PTP défini dans la norme [IEEE 1588], une horloge est dans l'état *Acquiring* si un port PTP est dans l'état *UNCALIBRATED*.

– Etat Locked (verrouillé)

L'horloge PTP est synchronisée sur une source temporelle et sa précision interne est dans les limites acceptables.

En ce qui concerne l'état des ports PTP défini dans la norme [IEEE 1588], une horloge est dans l'état *Locked* si un port PTP est dans l'état *SLAVE*.

– Etat Holdover-In-Specification (mode maintien, dans les limites de la spécification)

L'horloge PTP n'est plus synchronisée sur une source temporelle et utilise les informations obtenues lorsqu'elle était encore synchronisée ou que d'autres sources d'information étaient encore disponibles, afin de maintenir les performances dans les limites de la spécification souhaitée. Le noeud peut s'appuyer uniquement sur ses propres ressources pour le maintien ou peut utiliser, par exemple, un signal d'entrée de fréquence émanant du réseau pour assurer le maintien du temps et/ou de la phase.

En ce qui concerne l'état des ports PTP défini dans la norme [IEEE 1588], une horloge est dans l'état Holdover-In-Specification si aucun port PTP n'est dans l'état INITIALIZING, LISTENING, UNCALIBRATED ou SLAVE et que les performances sont dans les limites de la spécification souhaitée.

– Etat Holdover-Out-Of-Specification (mode maintien, hors des limites de la spécification)

L'horloge PTP n'est plus synchronisée sur une source temporelle et, quand bien même elle utiliserait les informations obtenues lorsqu'elle était encore synchronisée ou que d'autres sources d'information étaient encore disponibles, elle ne parvient pas à maintenir les performances dans les limites de la spécification souhaitée.

En ce qui concerne l'état des ports PTP défini dans la norme [IEEE 1588], une horloge est dans l'état Holdover-Of-Out-Specification si aucun port PTP n'est dans l'état INITIALIZING, LISTENING, UNCALIBRATED ou SLAVE et que les performances sont hors des limites de la spécification souhaitée.

V.3 Exemple de correspondance entre les états de port PTP et les états d'horloge PTP pour une horloge T-BC à 3 ports

Tableau V.1 – Correspondance entre les états de port et états d'horloge PTP

Horloge en limite pour les télécommunications					
Événement déclencheur	Etat de port			Etat d'horloge	Notes
	Port 1	Port 2	Port 3		
Activation du protocole PTP	INITIALIZING	INITIALIZING	INITIALIZING	Free-Run	Aucun port n'est dans l'état MASTER, PASSIVE, UNCALIBRATED ou SLAVE
Fin de l'initialisation de l'horloge	LISTENING	LISTENING	LISTENING	Free-Run	Aucun port n'est dans l'état MASTER, PASSIVE, UNCALIBRATED ou SLAVE
Message <i>Announce</i> validé reçu en provenance d'une horloge maîtresse étrangère au port P1	UNCALIBRATED	LISTENING	LISTENING	Acquiring	Un port est dans l'état UNCALIBRATED
Événement ANNOUNCE_RECEIPT_TIMEOUT_EXPIRES aux ports P2 et P3	UNCALIBRATED	MASTER	MASTER	Acquiring	Un port est dans l'état UNCALIBRATED
Etalonnage terminé au port P1	SLAVE	MASTER	MASTER	Locked	Dans le noeud, un port est dans l'état SLAVE
Événement ANNOUNCE_RECEIPT_TIMEOUT_EXPIRES au port P1	MASTER	MASTER	MASTER	Holdover-In-Specification	Démarrage de la temporisation de maintien Aucun port n'est dans l'état SLAVE, UNCALIBRATED, LISTENING ou INITIALIZING
Expiration de la temporisation de maintien	MASTER	MASTER	MASTER	Holdover-Out-Of-Specification	La temporisation de maintien a expiré et aucun port n'est dans l'état SLAVE, UNCALIBRATED, LISTENING ou INITIALIZING
Le port P3 reçoit un message <i>Announce</i> validé avec clockClass = 7	MASTER	MASTER	UNCALIBRATED	Acquiring	Un port est dans l'état UNCALIBRATED
Etalonnage terminé au port P3	MASTER	MASTER	SLAVE	Locked	Dans le noeud, un port est dans l'état SLAVE
Le port P1 reçoit un message <i>Announce</i> validé avec clockClass = 6	UNCALIBRATED	MASTER	PRE_MASTER	Acquiring	Un port est dans l'état UNCALIBRATED
Événement QUALIFICATION_TIMEOUT_EXPIRES au port P3	UNCALIBRATED	MASTER	MASTER	Acquiring	Un port est dans l'état UNCALIBRATED
Etalonnage terminé au port P1	SLAVE	MASTER	MASTER	Locked	Dans le noeud, un port est dans l'état SLAVE

V.4 Contenu du message Announce de l'horloge T-GM en fonction de l'état d'horloge PTP interne

Tableau V.2 – Contenu du message Announce de l'horloge T-GM

Champs du message Announce	Etat Free-Run	Etat Acquiring	Etat Locked	Etat Holdover-In-Specification	Etat Holdover-Out-Of-Specification
sourcePortIdentity (header.sourcePortIdentity)	Valeur locale de clockId de T-GM + numéro de port	Valeur locale de clockId de T-GM + numéro de port	Valeur locale de clockId de T-GM + numéro de port	Valeur locale de clockId de T-GM + numéro de port	Valeur locale de clockId de T-GM + numéro de port
leap61 (header.flagField)	FALSE	Obtenu de la source temporelle	Obtenu de la source temporelle	FALSE	FALSE
leap59 (header.flagField)	FALSE	Obtenu de la source temporelle	Obtenu de la source temporelle	FALSE	FALSE
currentUtcOffsetValid (header.flagField)	FALSE	TRUE/FALSE [propre à la mise en oeuvre]	TRUE	TRUE	TRUE/FALSE [propre à la mise en oeuvre]
ptpTimescale (header.flagField)	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
timeTraceable (header.flagField)	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE
frequencyTraceable (header.flagField)	FALSE	TRUE/FALSE en fonction du verrouillage sur une source de fréquence	TRUE	TRUE/FALSE en fonction du verrouillage sur une source de fréquence	TRUE/FALSE en fonction du verrouillage sur une source de fréquence
currentUtcOffset	35	En fonction du décalage UTC de référence d'entrée	En fonction du décalage UTC de référence d'entrée	Dernier décalage UTC connu	Dernier décalage UTC connu
grandmasterPriority1	128 (par défaut)	128 (par défaut)	128 (par défaut)	128 (par défaut)	128 (par défaut)
grandmasterClockQuality.clockClass	248	Propre à la mise en oeuvre, généralement l'état précédent 7/140/150/160/248	6	7	140/150/160
grandmasterClockQuality.clockAccuracy	Inconnu (0xFE)	Inconnu (0xFE)	Le temps est précis à 100 ns près (0x21)	Inconnu (0xFE)	Inconnu (0xFE)
grandmasterClockQuality.offsetScaledLogVariance	0xFFFF (par défaut)	0xFFFF (par défaut)	0x4E5D	0xFFFF (par défaut)	0xFFFF (par défaut)
grandmasterPriority2	Valeur configurée de priority2 de T-GM	Valeur configurée de priority2 de T-GM	Valeur configurée de priority2 de T-GM	Valeur configurée de priority2 de T-GM	Valeur configurée de priority2 de T-GM
grandmasterIdentity	Valeur locale de clockId de T-GM	Valeur locale de clockId de T-GM	Valeur locale de clockId de T-GM	Valeur locale de clockId de T-GM	Valeur locale de clockId de T-GM
stepsRemoved	0	0	0	0	0
timeSource	INT_OSC (0xA0)	INT_OSC (0xA0)	Cf. PTP	INT_OSC (0xA0)	INT_OSC (0xA0)

V.5 Contenu du message Announce de l'horloge T-BC en fonction de l'état d'horloge PTP interne

Tableau V.3 – Contenu du message Announce de l'horloge T-BC

Champs du message Announce	Etat Free-Run	Etat Acquiring	Etat Locked	Etat Holdover-In-Specification	Etat Holdover-Out-Of-Specification
sourcePortIdentity (header.sourcePortIdentity)	Valeur locale de clockId de T-BC + numéro de port	Valeur locale de clockId de T-BC + numéro de port	Valeur locale de clockId de T-BC + numéro de port	Valeur locale de clockId de T-BC + numéro de port	Valeur locale de clockId de T-BC + numéro de port
leap61 (header.flagField)	FALSE	(Note)	(Note)	FALSE	FALSE
leap59 (header.flagField)	FALSE	(Note)	(Note)	FALSE	FALSE
currentUtcOffsetValid (header.flagField)	FALSE	TRUE	(Note)	TRUE	TRUE/FALSE [propre à la mise en oeuvre]
ptpTimescale (header.flagField)	TRUE	TRUE	(Note)	TRUE	TRUE
timeTraceable (header.flagField)	FALSE	TRUE	(Note)	TRUE	FALSE
frequencyTraceable (header.flagField)	FALSE	TRUE /FALSE en fonction du verrouillage sur une source de fréquence	(Note)	TRUE /FALSE en fonction du verrouillage sur une source de fréquence	TRUE /FALSE en fonction du verrouillage sur une source de fréquence
currentUtcOffset	35	Dernier décalage UTC connu	(Note)	Dernier décalage UTC connu	Dernier décalage UTC connu
grandmasterPriority1	128 (par défaut)	128 (par défaut)	(Note)	128 (par défaut)	128 (par défaut)
grandmasterClockQuality.clockClass	248	Propre à la mise en oeuvre, généralement l'état précédent. 135/165/248	(Note)	135	165
grandmasterClockQuality.clockAccuracy	Inconnu (0xFE)	Inconnu (0xFE)	(Note)	Inconnu (0xFE)	Inconnu (0xFE)
grandmasterClockQuality.offsetScaledLogVariance	0xFFFF (par défaut)	0xFFFF (par défaut)	(Note)	0xFFFF (par défaut)	0xFFFF (par défaut)
grandmasterPriority2	Valeur configurée de priority2 de T-BC	Valeur configurée de priority2 de T-BC	(Note)	Valeur configurée de priority2 de T-BC	Valeur configurée de priority2 de T-BC
grandmasterIdentity	Valeur locale de clockId de T-BC	Valeur locale de clockId de T-BC	(Note)	Valeur locale de clockId de T-BC	Valeur locale de clockId de T-BC
stepsRemoved	0	0	stepsRemoved reçu +1	0	0
timeSource	INT_OSC (0xA0)	INT_OSC (0xA0)	(Note)	INT_OSC (0xA0)	INT_OSC (0xA0)
NOTE – La valeur envoyée dans le message Announce est la valeur correspondant au grand maître actuel.					

Appendice VI

Fonctionnement en cas d'agrégation de liaisons

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

Lorsque deux dispositifs comportant des horloges PTP conformes à ce profil sont connectés via une agrégation de liaisons (LAG) telle que définie dans la norme [b-IEEE 802.1AX], il convient de contourner l'agrégation de liaisons et d'accéder directement à chaque liaison physique pour la transmission des messages PTP. Cette méthode permet d'éviter les asymétries susceptibles d'être présentes lorsque les trajets aller et retour empruntent des liaisons différentes appartenant à l'agrégation de liaisons.

D'autres solutions tirant parti de certaines caractéristiques LAG existent, par exemple la solution basée sur la congruence bidirectionnelle telle que définie dans la norme [b-IEEE 802.1AX]. Ces solutions nécessitent un complément d'étude.

Pour les scénarios actuellement envisagés, l'insertion d'une étiquette VLAN dans les trames transportant des messages PTP n'est pas autorisée. Cependant, on peut appliquer la solution basée sur la congruence bidirectionnelle aux trames PTP non étiquetées moyennant l'attribution d'un identifiant de conversation égal à zéro à une liaison physique donnée.

Appendice VII

Relation entre la valeur de clockClass et la spécification du mode maintien

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

Les valeurs de clockClass utilisées dans ce profil sont décrites dans le Tableau 2. Les valeurs peuvent être réparties en quatre catégories différentes:

- 1) horloge T-GM verrouillée sur une horloge PRTC ou ePRTC;
- 2) horloge T-GM ou T-BC en mode maintien, dans les limites de la spécification du mode maintien;
- 3) horloge T-GM ou T-BC en mode maintien, hors des limites de la spécification du mode maintien;
- 4) horloge asservie, ou horloge qui n'a pas été synchronisée.

Une note brève, à savoir la Note 1 du paragraphe 6.4, renvoie à l'Appendice V de la Recommandation [UIT-T G.8271.1] pour plus d'informations sur la signification de "en mode maintien, dans les limites de la spécification du mode maintien" et "en mode maintien, hors des limites de la spécification du mode maintien". Cet appendice décrit les modèles possibles de bilan pour les performances de synchronisation. Le modèle à utiliser dépend du réseau de l'opérateur et des paramètres de conception, mais chaque bilan est ventilé en plusieurs composantes:

- 1) attribution pour les horloges PRTC/T-GM;
- 2) erreur temporelle aléatoire liée à l'accumulation de bruit dans le réseau (dTE);
- 3) asymétrie des noeuds (cTE, asymétrie totale pour tous les noeuds du système);
- 4) asymétrie des liaisons (cTE, asymétrie totale pour toutes les liaisons du système);
- 5) attribution pour le mode maintien;
- 6) attribution pour l'application finale.

Il ressort du Tableau V.1 de la Recommandation [UIT-T G.8271.1] que, pour un bilan donné en exemple, une valeur de 400 ns peut être attribuée au mode maintien dans le réseau (scénario de défaillance (b) dans le tableau). L'opérateur peut attribuer des valeurs différentes en fonction du scénario de déploiement. La valeur de 400 ns pour le mode maintien est attribuée à l'ensemble de la chaîne de synchronisation, et non à une horloge individuelle.

Le fonctionnement prévu de l'horloge T-GM est donc le suivant:

- Lorsque l'horloge T-GM est synchronisée sur une horloge PRTC verrouillée sur le système GNSS, elle indique une valeur de clockClass de 6.
- Si l'horloge PRTC perd sa connexion au système GNSS, elle passe en mode maintien. L'horloge T-GM devrait déclasser la valeur de clockClass annoncée pour indiquer "en mode maintien, dans les limites de la spécification du mode maintien" (valeur de clockClass de 7).
- L'horloge T-GM estime le moment où la valeur attribuée pour le mode maintien risque d'être dépassée. Parmi les facteurs à prendre en compte, on peut citer la qualité connue de n'importe quelle source de fréquence externe (par exemple, SyncE QL), les variations de température et/ou la qualité de l'oscillateur interne.
- Lorsque l'horloge T-GM considère qu'elle est hors des limites de la spécification du mode maintien (autrement dit, lorsqu'elle estime avoir dérivé d'une valeur supérieure à la valeur attribuée pour le mode maintien), elle indique une valeur de clockClass de 140, 150 ou 160.

Dans le cas d'une défaillance de réseau dans lequel l'horloge T-GM est déconnectée de la chaîne de synchronisation, une horloge T-BC prendra la relève en tant que grand maître de la chaîne. Cette horloge T-BC fonctionnera en mode maintien. La valeur de clockClass que l'horloge T-BC est autorisée à annoncer dépend de la valeur de clockClass de l'horloge T-GM sur laquelle elle était synchronisée avant la perte de connectivité.

Par exemple, si l'horloge T-BC était synchronisée sur une horloge T-GM avec une valeur de clockClass de 6, l'attribution pour le mode maintien n'aura pas du tout été consommée, et l'horloge T-BC peut donc utiliser une valeur de clockClass correspondant à "dans les limites de la spécification du mode maintien " (par exemple, valeur de clockClass de 135). La valeur choisie doit être supérieure à celle d'une horloge T-GM qui est hors des limites de la spécification du mode maintien; en effet, l'horloge T-BC est susceptible de disposer d'un signal de temps plus précis car elle a été verrouillée plus récemment sur une source temporelle traçable. Par conséquent, si les deux horloges (l'horloge T-BC en mode maintien, dans les limites de la spécification du mode maintien, et une horloge T-GM en mode maintien, mais hors des limites de la spécification du mode maintien) sont comparées au moyen de la variante de l'algorithme BMCA dans une horloge subséquente, celle-ci se synchronisera sur l'horloge T-BC qui est dans les limites de la spécification du mode maintien et non sur l'horloge T-GM qui est hors des limites de la spécification du mode maintien.

Dans un autre exemple, si l'horloge T-BC était synchronisée sur une horloge T-GM en mode maintien, mais hors des limites de la spécification du mode maintien (par exemple, valeur de clockClass de 140, 150 ou 160), l'horloge T-BC devrait également utiliser une valeur de clockClass correspondant à "hors des limites de la spécification du mode maintien" (par exemple, valeur de clockClass de 165). Cela s'explique par le fait que l'horloge T-GM a indiqué avoir estimé que l'attribution pour le mode maintien avait déjà été consommée.

Dans un dernier exemple, si l'horloge T-BC était synchronisée sur une horloge T-GM en mode maintien, mais encore dans les limites de la spécification du mode maintien, l'horloge T-BC pourrait indiquer une valeur correspondant à "dans les limites de la spécification du mode maintien". Cependant, une partie de l'attribution pour le mode maintien aura déjà été consommée par l'horloge T-GM. Si la part de l'attribution qui reste n'est pas connue, l'horloge T-BC devrait indiquer une valeur correspondant à "hors des limites de la spécification du mode maintien".

Appendice VIII

Considérations sur une horloge T-TSC connectée à une application finale

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

La valeur par défaut de 255 de clockClass pour une horloge T-TSC implique que l'horloge T-TSC se verrouillera toujours sur une référence PTP externe lorsqu'une telle référence est disponible.

La source de synchronisation effectivement utilisée par l'application finale dépend des impératifs en matière de synchronisation. Ce processus n'entre pas dans le cadre de la présente Recommandation.

Par exemple, la décision d'utiliser la référence PTP qui a été sélectionnée par l'horloge T-TSC (par exemple, au lieu de passer en mode maintien) pourrait dépendre des valeurs effectives de clockQuality, du drapeau frequencyTraceable, du drapeau timeTraceable et du drapeau synchronizationUncertain associées à la référence PTP externe. D'autres aspects liés à la surveillance des performances de la référence externe pourraient également être pris en considération. Tout cela dépend de la mise en oeuvre.

A titre d'exemple, lorsqu'il est nécessaire de satisfaire aux exigences de rythme du réseau conformément, par exemple, à la Recommandation [UIT-T G.8271.1], il faudrait que la référence PTP externe ait une valeur de clockClass de 6, 7 ou 135 et que le drapeau timeTraceable soit à TRUE pour que cette référence puisse être utilisée par l'application finale. Lorsque cette condition n'est pas remplie, l'application finale peut décider de passer en mode maintien (en utilisant l'oscillateur interne ou en se basant sur SyncE).

Appendice IX

Calcul de la valeur de `offsetScaledLogVariance` pour une horloge T-GM calée sur une horloge PRTC ou ePRTC

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

IX.1 Intervalle d'observation et valeur de TDEV liée à la génération de bruit

La variance `offsetScaledLogVariance` est une représentation de la variance PTP (`PTPVAR`) multipliée par un facteur d'échelle et décalée. `PTPVAR` est décrite au paragraphe 7.6.3 de la norme [IEEE 1588]; elle est égale à la variance d'Allan multipliée par $\tau^2/3$, où τ est l'intervalle d'observation. La variance PTP n'est donc pas une valeur unique; elle est fonction de l'intervalle d'observation. Au paragraphe 7.6.3 de la norme [IEEE 1588], il est précisé que l'intervalle d'observation τ doit être la valeur définie dans le profil PTP applicable et que τ correspond à la période d'échantillonnage. Cependant, si on compare les formules du paragraphe 7.6.3.2 de la norme [IEEE 1588] avec les formules de la variance d'Allan au paragraphe II.1 de la Recommandation [UIT-T G.810], on constate que τ au paragraphe 7.6.3 de la norme [IEEE 1588] est l'intervalle d'observation de la Recommandation [UIT-T G.810], et non l'intervalle d'échantillonnage τ_0 .

La variance `offsetScaledLogVariance`, à savoir `defaultDS.clockQuality.offsetScaledLogVariance`, est un attribut d'horloge utilisé dans l'algorithme BMCA. Comme indiqué au paragraphe 7.6.3.5 de la norme [IEEE 1588], il s'agit "d'une estimation des variations de l'horloge locale par rapport à une échelle de temps linéaire lorsque ladite horloge n'est pas synchronisée sur une autre horloge utilisant le protocole" (le texte cité est extrait de la norme [IEEE 1588]; le "protocole" désigne le protocole PTP). Comme une horloge n'est pas synchronisée sur une autre horloge via PTP quand elle est grand maître, la variance `offsetScaledLogVariance` devrait représenter le bruit à long terme que l'horloge génère, car c'est ce bruit qui est généré si l'horloge est grand maître. Par conséquent, l'intervalle d'observation doit être l'intervalle le plus long sur lequel la génération de bruit pour l'horloge en question est spécifiée.

Pour une horloge T-GM calée sur une horloge PRTC, c'est-à-dire une horloge qui satisfait aux exigences de la Recommandation [UIT-T G.8272], l'intervalle d'observation le plus long pour lequel la valeur de TDEV liée à la génération de bruit est spécifiée est de 10000 s (voir la Figure 2 de la Recommandation [UIT-T G.8272]). Pour cet intervalle, la valeur de TDEV est de 30 ns. Pour les intervalles compris entre 1000 s et 10000 s, le type de bruit spécifié est la modulation de phase par un bruit de scintillation (FPM) et la valeur de TDEV est de 30 ns. Pour une horloge T-GM calée sur une horloge ePRTC, l'intervalle d'observation le plus long pour lequel la valeur de TDEV liée à la génération de bruit est spécifiée est de 10^6 s. Pour cet intervalle, la valeur de TDEV est de 10 ns. Pour les intervalles compris entre 3×10^5 s et 10^6 s, le type de bruit spécifié est la modulation FPM et la valeur de TDEV est de 10 ns.

La valeur de l'intervalle d'observation n'est pas utilisée directement dans le protocole PTP et n'est pas transportée dans les messages PTP. Elle est utilisée uniquement pour évaluer la variance PTP.

Les valeurs de l'intervalle d'observation et les valeurs correspondantes de TDEV liées à la génération de bruit indiquées ci-dessus pour les horloges PRTC et ePRTC sont récapitulées dans le Tableau IX.1.

Tableau IX.1 – Intervalles d'observation, type de bruit et valeurs correspondantes de TDEV liées à la génération de bruit, pour une horloge T-GM calée sur une horloge PRTC et une horloge T-GM calée sur une horloge ePRTC

Horloge sur laquelle l'horloge T-GM est calée	Intervalle d'observation (τ) pour la variance <code>offsetScaledLogVariance</code> (s)	$n = \tau / \tau_0$ (voir le paragraphe IX.2 ci-dessous)	Type de bruit	TDEV (ns)
PRTC	1000 – 10000	$1,6 \times 10^4$ à $1,6 \times 10^5$	FPM	30
ePRTC	300 000 – 1 000 000	$4,8 \times 10^6$ à $1,6 \times 10^7$	FPM	10

IX.2 Calcul de la variance PTP à partir de la valeur de TDEV

L'étape suivante consiste à calculer la variance PTP à partir des valeurs de TDEV données au paragraphe précédent. Etant donné que la variance PTP est égale à $\tau^2/3$ multiplié par la variance d'Allan et que la variance temporelle (TVAR) est égale à $\tau^2/3$ multiplié par la variance d'Allan modifiée, le rapport entre TVAR et la variance PTP est égal au rapport entre la variance d'Allan modifiée (MVAR) et la variance d'Allan (AVAR). Ce dernier rapport est examiné et calculé pour différents types de bruit au paragraphe A.6 de [b-Sullivan]. Les résultats donnés sont basés sur [b-Walls] et [b-Lesage]. En outre, les relations entre la densité spectrale de puissance (PSD) et la variance d'Allan sont données dans le Tableau 5.4 de [b-Bregni] et celles entre la densité PSD et la variance d'Allan modifiée dans le Tableau 5.5 de [b-Bregni] (lors de l'utilisation des relations entre la densité PSD et divers paramètres de stabilité dans le domaine temporel, il est important de vérifier si la densité PSD est dans le domaine temporel ($S_x(f)$) ou fréquentiel ($S_y(f)$)).

Soit n le rapport entre l'intervalle d'observation τ et l'intervalle d'échantillonnage τ_0 , autrement dit $\tau = n\tau_0$. En général, le rapport entre MVAR et AVAR, noté $R(n)$, dépend de n ; néanmoins, au moins pour les types de bruit que sont la modulation de phase par un bruit blanc (WPM), la modulation FPM, la modulation de fréquence par un bruit blanc (WFM), la modulation de fréquence par un bruit de scintillation (FFM) et la modulation de fréquence à marche aléatoire (RWFM), ce rapport tend vers une valeur asymptotique lorsque n est grand. De plus, dans le cas de la modulation FPM, $R(n)$ dépend de la bande passante du système de mesure (pour la modulation WPM, AVAR et MVAR dépendent chacune de la bande passante du système de mesure, mais pas leur rapport). Etant donné que les informations de synchronisation temporelle émanant de l'horloge sélectionnée en tant que grand maître, quelle qu'elle soit, sont transportées via des messages Sync, l'intervalle d'échantillonnage τ_0 peut être pris égal à l'intervalle entre deux messages Sync. Les intervalles successifs réels entre deux messages Sync varient avec le temps, comme cela est autorisé au paragraphe 7.7.2.1 de la norme [IEEE 1588]; pour simplifier, on peut prendre τ_0 égal à l'intervalle moyen entre deux messages Sync. Sa valeur est de 1/16 s dans la Recommandation [UIT-T G.8275.1]. Si on utilise alors les valeurs de l'intervalle d'observation du Tableau IX.1 ci-dessus, les valeurs correspondantes de n sont comprises entre $1,6 \times 10^4$ et $1,6 \times 10^5$ pour une horloge T-GM calée sur une horloge PRTC et entre $4,8 \times 10^6$ et $1,6 \times 10^7$ pour une horloge T-GM calée sur une horloge ePRTC. Les valeurs de n sont également récapitulées dans le Tableau IX.1 ci-dessus.

D'après le Tableau IX.1, la plage de n est différente pour les horloges PRTC et ePRTC. Cela signifie que, même si le type de bruit dans les plages concernées pour ces horloges est le même, $R(n)$ sera différent et TVAR pour chaque horloge sera ajustée par un facteur différent pour obtenir PTPVAR. Cependant, la stabilité des horloges PRTC et ePRTC (ainsi que la stabilité des autres horloges utilisées dans les télécommunications) est spécifiée à l'aide de TDEV (c'est-à-dire la racine carrée de TVAR) et non à l'aide de PTPDEV ou PTPVAR. Il serait donc souhaitable d'ajuster TVAR pour les horloges PRTC et ePRTC par le même facteur. Dans des travaux passés, dans lesquels TVAR pour l'horloge PRTC a été comparée à TVAR pour une horloge T-BC calée sur SyncE, $R(n)$ était égal à 0,787. Cette valeur est utilisée ici pour plus de commodité, à la fois pour les horloges PRTC et ePRTC.

Avec l'hypothèse ci-dessus, PTPVAR pour l'horloge PRTC est donnée par:

$$\text{PTPVAR (PRTC)} = \frac{\text{TVAR}}{R(n)} = \frac{(30 \times 10^{-9})^2 \text{ s}^2}{0,787} = 1,144 \times 10^{-15} \text{ s}^2 \quad (\text{IX.1})$$

et PTPVAR pour l'horloge ePRTC est donnée par:

$$\text{PTPVAR (ePRTC)} = \frac{\text{TVAR}}{R(n)} = \frac{(10 \times 10^{-9})^2 \text{ s}^2}{0,787} = 1,271 \times 10^{-16} \text{ s}^2 \quad (\text{IX.2})$$

IX.3 Calcul de offsetScaledLogVariance à partir de la variance PTP

On calcule maintenant offsetScaledLogVariance à partir des résultats PTPVAR du paragraphe précédent, en utilisant la procédure décrite au paragraphe 7.6.3.3 de la norme [IEEE 1588]. Cette procédure est la suivante:

- on calcule le logarithme en base 2 de PTPVAR exprimée en s^2 ;
- le résultat de (a) est multiplié par le facteur d'échelle 2^8 ;
- la valeur obtenue est modifiée conformément à la spécification d'hystérésis du paragraphe 7.6.3.3 de la norme [IEEE 1588]. (Cette étape n'est pas nécessaire ici, car on calcule offsetScaledLogVariance à partir d'une spécification, et non à partir de mesures en temps réel.);
- le résultat de (c) est représenté sous la forme Integer16 en complément à 2 (c'est-à-dire qu'il est représenté sous la forme d'un entier signé, où les valeurs négatives sont représentées sous forme de complément à 2 (étant donné que PTPVAR est inférieure à 1 s^2 dans presque tous les cas présentant un intérêt pratique, et de façon certaine dans les cas décrits au paragraphe précédent, le résultat de (c) sera presque toujours négatif);
- la valeur $0x8000$ est ajoutée au résultat de (d), et tout dépassement de capacité est ignoré;
- le résultat de (e) est exprimé sous la forme Integer16. Ce résultat, qui peut également être écrit sous forme hexadécimale, est la valeur de offsetScaledLogVariance.

IX.3.1 Calcul de offsetScaledLogVariance pour une horloge T-GM calée sur une horloge PRTC

D'après la formule (IX.1), $\text{PTPVAR} = 1,144 \times 10^{-15} \text{ s}^2$. En utilisant les étapes (a) à (f) ci-dessus, on obtient

$$\begin{aligned} \log_2(\text{PTPVAR}) &= \frac{\ln(1,144 \times 10^{-15})}{\ln 2} = -49,6348 \\ 2^8 \log_2(\text{PTPVAR}) &= \frac{(256) \ln(1,144 \times 10^{-15})}{\ln 2} = -12706,5176 \cong -12707 \end{aligned} \quad (\text{IX.3})$$

La représentation de la valeur ci-dessus sous la forme d'un entier signé en complément à 2 donne

$$12707 = 31A3_{16} \Rightarrow \text{CE5C}_{16} \text{ (en complément à 1)} \Rightarrow \text{CE5D}_{16} \text{ (en complément à 2)} \quad (\text{IX.4})$$

En ajoutant 8000_{16} à la valeur ci-dessus puis en ignorant tout dépassement de capacité, on obtient

$$\text{CE5D}_{16} + 8000_{16} = 14E5D_{16} \supset 4E5D_{16} \quad (\text{IX.5})$$

La valeur résultante de offsetScaledLogVariance est égale à $4E5D_{16}$.

IX.3.2 Calcul de offsetScaledLogVariance pour une horloge T-GM calée sur une horloge ePRTC

On calcule le logarithme en base 2 de PTPVAR exprimée en s^2 puis on multiplie le résultat par le facteur d'échelle 2^8 .

$$\begin{aligned}\log_2(\text{PTPVAR}) &= \frac{\ln(1,271 \times 10^{-16})}{\ln 2} = -52,8049 \\ 2^8 \log_2(\text{PTPVAR}) &= \frac{(256) \ln(1,271 \times 10^{-16})}{\ln 2} = -13518,0507 \cong -13518\end{aligned}\quad (\text{IX.6})$$

La représentation de la valeur ci-dessus sous la forme d'un entier signé en complément à 2 donne

$$13518 = 34\text{CE}_{16} \Rightarrow \text{CB31}_{16} \text{ (en complément à 1)} \Rightarrow \text{CB32}_{16} \text{ (en complément à 2)} \quad (\text{IX.7})$$

En ajoutant 8000_{16} à la valeur ci-dessus puis en ignorant tout dépassement de capacité, on obtient

$$\text{CB32}_{16} + 8000_{16} = 14\text{B32}_{16} \Rightarrow 4\text{B32}_{16} \quad (\text{IX.8})$$

La valeur résultante de offsetScaledLogVariance est égale à 4B32_{16} .

Bibliographie

- [b-IEEE 802.1AX] IEEE 802.1AX (2014), *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks – Link Aggregation*.
- [b-Bregni] Stefano Bregni, (2002), *Synchronization of Digital Telecommunications Networks*, Wiley.
- [b-Lesage] Paul Lesage and Theophane Ayi (1984), *Characterization of Frequency Stability: Analysis of the Modified Allan Variance and Properties of Its Estimate*, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. IM-33, No. 4 (inclus dans [b-Sullivan] en tant que document D.6).
- [b-Sullivan] D.B. Sullivan, D.W. Allan, D.A. Howe, and F.L. Walls (1990), *Characterization of Clocks and Oscillators*, NIST Technical Note 1337.
- [b-Walls] F.L. Walls, John Gary, Abbie O’Gallagher, Roland Sweet, and Linda Sweet (1991), *Time Domain Frequency Stability Calculated from the Frequency Domain Description: Use of the SIGINT Software Package to Calculate Time Domain Frequency Stability from the Frequency Domain*, NIST Report NISTR 89-3916 Revised (révision de la version de 1989 de ce rapport).

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

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	Systemes et supports de transmission, systemes et reseaux numériques
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
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information, protocole Internet, reseaux de prochaine génération, Internet des objets et villes intelligentes
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systemes de télécommunication