

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.8272/Y.1367

(01/2015)

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 ET
RÉSEAUX DE PROCHAINE GÉNÉRATION

Aspects relatifs au protocole Internet – Transport

**Caractéristiques de synchronisation des
horloges de référence temporelle primaires**

Recommandation UIT-T G.8272/Y.1367

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

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

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

Recommandation UIT-T G.8272/Y.1367

Caractéristiques de synchronisation des horloges de référence temporelle primaires

Résumé

La Recommandation UIT-T G.8272/Y.1367 contient les prescriptions s'appliquant aux horloges de référence temporelle primaires (PRTC), qui permettent la synchronisation des temps, des phases et des fréquences dans les réseaux en mode paquets. Elle définit les erreurs admises au niveau de la sortie de l'horloge PRTC pour le signal de synchronisation.

Ces prescriptions s'appliquent dans les conditions environnementales normales qui sont spécifiées pour l'équipement.

Historique

Edition	Recommandation	Approbation	Commission d'études	ID unique*
1.0	ITU-T G.8272/Y.1367	2012-10-29	15	11.1002/1000/11817
1.1	ITU-T G.8272/Y.1367 (2012) Amd. 1	2013-08-29	15	11.1002/1000/12013
2.0	ITU-T G.8272/Y.1367	2015-01-13	15	11.1002/1000/12393

* 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 2016

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

TABLE DES MATIÈRES

	Page
1	Domaine d'application 1
2	Références..... 1
3	Définitions 2
3.1	Termes définis ailleurs 2
3.2	Termes définis dans la présente Recommandation 2
4	Abréviations et acronymes 2
5	Conventions 2
6	Erreur temporelle, dérapage et gigue en mode verrouillé..... 2
6.1	Erreur temporelle en mode verrouillé..... 3
6.2	Dérapage en mode verrouillé..... 3
6.3	Gigue 5
7	Mode de maintien 5
8	Discontinuité de la phase 6
9	Interfaces..... 6
9.1	Interfaces de phase et de temps 6
9.2	Interfaces de fréquence..... 6
Appendice I – Mesure de la qualité de fonctionnement d'une horloge PRTC ou d'une horloge PRTC regroupée avec un pilote T-GM 8	
I.1	Facteurs influençant la qualité de fonctionnement d'une horloge PRTC employant le système GNSS 8
I.2	Mesure du dérapage de la phase 9
I.3	Mesures de l'erreur temporelle 10
Appendice II – Modèle fonctionnel de l'horloge PRTC 15	
Appendice III – Informations échangées concernant l'interface de temps..... 17	
Appendice IV – Emplacement des horloges PRTC 18	

Recommandation UIT-T G.8272/Y.1367

Caractéristiques de synchronisation des horloges de référence temporelle primaires

1 Domaine d'application

La présente Recommandation contient les prescriptions s'appliquant aux horloges de référence temporelle primaires (PRTC), qui permettent la synchronisation des temps, des phases et des fréquences dans les réseaux en mode paquets. Ces prescriptions s'appliquent dans les conditions environnementales normales qui sont spécifiées pour l'équipement.

Une horloge PRTC type transmet le signal de référence pour la synchronisation des temps, des phases et des fréquences à d'autres horloges du réseau ou d'une portion de réseau. Elle peut en particulier aussi fournir le signal de référence au pilote des télécommunications (T-GM) situé dans les nœuds de réseau où elle se trouve elle-même.

L'horloge PRTC fournit un signal de référence temporelle, conforme à un temps étalon agréé (par exemple, le temps universel coordonné (UTC)). Le temps UTC peut être obtenu auprès d'un laboratoire chargé du temps UTC, qui est immatriculé au Bureau international des poids et mesures (BIPM) (par exemple, un laboratoire national chargé du temps UTC), ou, plus couramment, auprès d'un système mondial de navigation par satellite (GNSS).

La présente Recommandation définit les valeurs prescrites à la sortie de l'horloge PRTC. La précision de cette horloge devrait être celle qui est spécifiée dans la Recommandation.

La présente Recommandation aborde aussi le cas où une horloge PRTC est intégrée à une horloge pilote T-GM. Dans ce cas, la Recommandation définit la qualité de fonctionnement à la sortie d'une horloge PRTC et d'un système T-GM regroupés, à savoir les messages établis dans le cadre du protocole de précision temporelle (PTP).

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.703] Recommandation UIT-T G.703 (2001), *Caractéristiques physiques et électriques des interfaces numériques hiérarchiques.*

[UIT-T G.810] Recommandation UIT-T G.810 (1996), *Définitions et terminologie des réseaux de synchronisation.*

[UIT-T G.811] Recommandation UIT-T G.811 (1997), *Caractéristiques de rythme des horloges de référence primaires.*

[UIT-T G.8260] Recommandation UIT-T G.8260 (2012), *Termes et définitions relatifs à la synchronisation dans les réseaux en mode paquet.*

[UIT-T G.8271] Recommandation UIT-T G.8271/Y.1366 (2012), *Aspects de synchronisation du temps et de la phase des réseaux en mode paquets.*

- [UIT-T G.8273] Recommandation UIT-T G.8273/Y.1368 (2013), *Cadre applicable aux horloges de phase et de temps*.
- [IEEE 1588-2008] Norme IEEE 1588-2008, *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 définitions associées à la synchronisation qui figurent dans les références [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 emploie les abréviations et les acronymes suivants:

1PPS	une impulsion par seconde (<i>1 pulse-per-second</i>)
GNSS	système mondial de navigation par satellite (<i>global navigation satellite system</i>)
GPS	système mondial de localisation (<i>global positioning system</i>)
MTIE	erreur maximale sur l'intervalle de temps (<i>maximum time interval error</i>)
PRC	horloge de référence primaire (<i>primary reference clock</i>)
PRTC	horloge de référence temporelle primaire (<i>primary reference time clock</i>)
PTP	protocole de précision temporelle (<i>precision time protocol</i>)
RF	fréquence radioélectrique (<i>radio frequency</i>)
SSU	unité de synchronisation (<i>synchronization supply unit</i>)
T-GM	pilote des télécommunications (<i>telecom grand master</i>)
TDEV	écart temporel (<i>time deviation</i>)
ToD	heure (<i>time of day</i>)
UTC	temps universel coordonné (<i>coordinated universal time</i>)

5 Conventions

Aucune.

6 Erreur temporelle, dérapage et gigue en mode verrouillé

La production du bruit par une horloge PRTC est caractérisée par les deux aspects principaux suivants:

- l'erreur temporelle constante (le décalage temporel) à la sortie, par rapport au temps étalon primaire applicable (par exemple, le temps UTC);
- l'erreur sur la phase (le dérapage et la gigue) produite en sortie.

Afin de caractériser le deuxième aspect susmentionné (l'erreur sur la phase), il est utile de calculer l'erreur maximale sur l'intervalle de temps (MTIE) et l'écart temporel (TDEV).

Le § 6.1 prescrit des valeurs en matière d'erreur temporelle à la sortie de l'horloge PRTC, qui concernent les deux aspects susmentionnés (l'erreur temporelle constante et l'erreur sur la phase). Aucune valeur n'est prescrite pour la composante erreur temporelle constante prise isolément. Celle-ci est regroupée avec l'erreur sur la phase et n'est pas mesurable séparément.

Les § 6.2 et 6.3 prescrivent des valeurs en matière de dérapage et de gigue à la sortie de l'horloge PRTC, qui concernent le deuxième aspect susmentionné (l'erreur sur la phase).

La qualité de fonctionnement spécifiée dans les § 6.1 et 6.2 s'applique aussi à la sortie d'une horloge PRTC et d'un système T-GM regroupés, lorsqu'ils sont intégrés dans un même équipement. Aucune tolérance supplémentaire n'est prévue pour la prise en compte du système T-GM.

NOTE – Il est possible d'optimiser le bruit à l'intérieur de l'équipement en regroupant les deux systèmes. De la sorte, le bruit total de l'équipement dans lequel sont intégrés l'horloge PRTC et le pilote T-GM peut être le même que celui de l'équipement qui ne contient que l'horloge PRTC.

6.1 Erreur temporelle en mode verrouillé

Dans des conditions d'exploitation normales en mode verrouillé, la marge d'erreur sur le temps à la sortie de l'horloge PRTC ou de l'horloge PRTC et du système T-GM regroupés ne devrait pas dépasser 100 ns ou une valeur plus faible, par rapport au temps étalon primaire applicable (par exemple, le temps UTC). Dans le cas de l'horloge PRTC, cette valeur incorpore toutes les composantes du bruit, à savoir l'erreur temporelle constante (le décalage temporel) et l'erreur sur la phase (le dérapage et la gigue) de l'horloge PRTC. Dans le cas de l'horloge PRTC et du système T-GM regroupés, il en va de même, sauf que les échantillons sont traités au moyen de la méthode spécifiée dans la référence [UIT-T G.8273], qui permet de quantifier l'horodatage.

Les conditions d'exploitation normales en mode verrouillé sont telles que:

- l'horloge PRTC est calée sur le signal de référence temporelle entrant et ne fonctionne pas en phase de démarrage;
- il n'y a pas de défaillances ou d'erreurs dans les installations sur le trajet du signal de référence, y compris, entre autres, de défaillances des antennes;
- les conditions environnementales se situent dans les limites de fonctionnement qui sont spécifiées pour l'équipement;
- l'équipement est configuré et calibré d'une manière adaptée aux décalages fixes tels que ceux dus à la longueur des câbles d'antenne, aux amplificateurs des câbles ou aux retards au niveau des récepteurs;
- le signal de référence temporelle (par exemple, un signal GNSS) est employé dans les limites fixées par les autorités d'exploitation pertinentes;
- si le signal de référence temporelle est employé dans un système radioélectrique tel que le système GNSS, les réflexions dues à la propagation par trajets multiples et le brouillage causé par d'autres émissions locales, tel que le brouillage intentionnel, doivent être minimisés de manière à atteindre un niveau acceptable;
- il n'y a pas d'anomalies extrêmes de propagation, telles que celles dues aux orages violents.

6.2 Dérapage en mode verrouillé

Lorsqu'une horloge PRTC est en mode d'exploitation normal et verrouillé, les limites du dérapage, exprimé au moyen de l'erreur MTIE et mesuré à l'aide d'une configuration semblable à celle de l'horloge synchronisée définie dans la Figure 1a de la référence [UIT-T G.810] (en remplaçant la fréquence étalon par le temps étalon), devraient être les suivantes:

Tableau 1 – Production de dérapage (en termes de l'erreur MTIE)

Limite de l'erreur MTIE [μ s]	Intervalle d'observation τ [s]
$0,275 \times 10^{-3} \tau + 0,025$	$0,1 < \tau \leq 273$
0,10	$\tau > 273$

Les valeurs prescrites qui en résultent sont représentées dans la Figure 1.

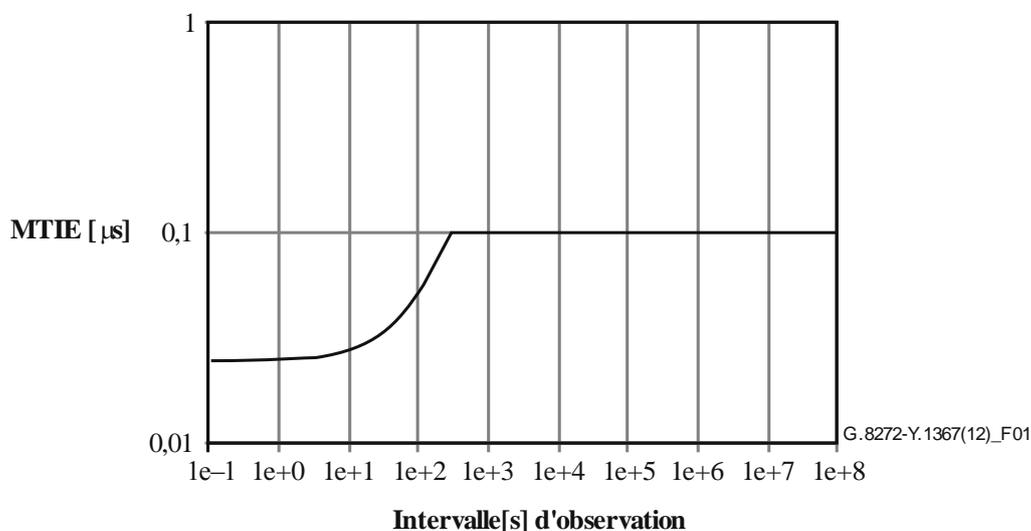


Figure 1 – Erreur MTIE en fonction de la période d'observation (d'intégration)

NOTE 1 – Dans le cas d'une interface de sortie à une impulsion par seconde (1PPS), l'erreur MTIE peut s'appliquer pour une période d'observation supérieure à une seconde.

Lorsque l'horloge PRTC est en mode d'exploitation normal et verrouillé, les limites du dérapage, exprimé au moyen de l'écart TDEV et mesuré à l'aide d'une configuration semblable à celle de l'horloge synchronisée définie dans la Figure 1a de la référence [UIT-T G.810] (en remplaçant la fréquence étalon par le temps étalon), devraient être les suivantes:

Tableau 2 – Production de dérapage (en termes de l'écart TDEV)

Limite de l'écart TDEV [ns]	Intervalle d'observation τ [s]
3	$0,1 < \tau \leq 100$
$0,03 \tau$	$100 < \tau \leq 1\ 000$
30	$1\ 000 < \tau < 10\ 000$

Les valeurs prescrites qui en résultent sont représentées dans la Figure 2.

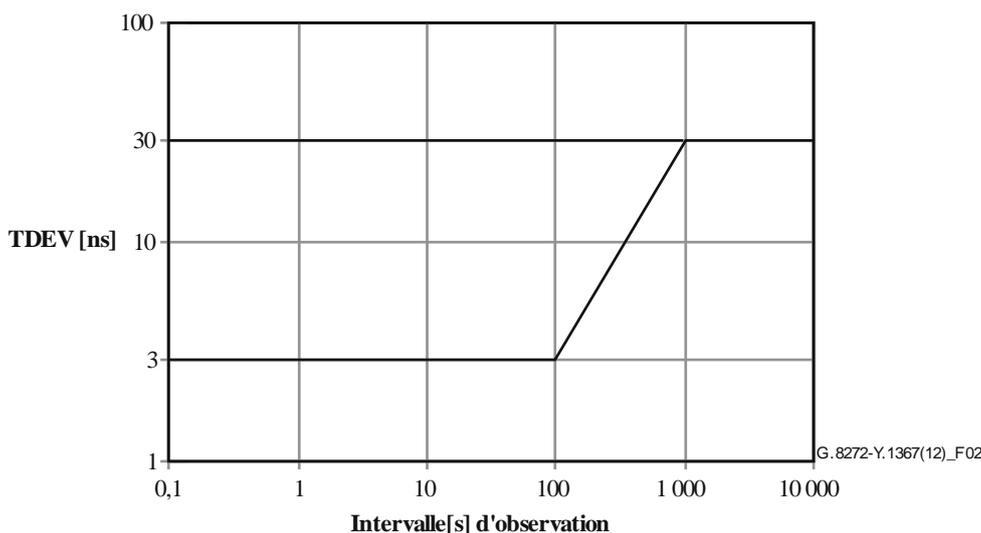


Figure 2 – Ecart TDEV en fonction de la période d'observation (d'intégration)

NOTE 2 – Dans le cas d'une interface de sortie à une impulsion pas seconde (1PPS), l'écart TDEV peut s'appliquer pour une période d'observation supérieure à une seconde.

Les valeurs prescrites en matière d'erreur MTIE et d'écart TDEV pour les interfaces de sortie à 1PPS sont fondées sur l'erreur sur l'intervalle de temps d'un signal à 1PPS, mesurée au rythme d'un échantillon par seconde et sans filtrage passage-bas.

Les valeurs prescrites en matière d'erreur MTIE et d'écart TDEV pour les interfaces de sortie à 2 048 kHz, 2 048 kbit/s et 1 544 kbit/s sont mesurées au moyen d'un filtre équivalent de mesure passe-bas de premier ordre à 10 Hz, le temps maximal de l'échantillonnage τ_0 étant de 1/30ème de seconde.

Les valeurs prescrites en matière d'erreur MTIE et d'écart TDEV pour une interface Ethernet acheminant des messages dans la cadre du protocole PTP sont appliquées, après avoir pris la moyenne sur au moins 100 échantillons consécutifs, de façon à éviter les erreurs causées par la quantification de l'horodatage, ou toute quantification de la position d'un paquet dans l'équipement de test.

6.3 Gigue

Bien que la plupart des valeurs spécifiées dans la présente Recommandation soient indépendantes de l'interface de sortie au niveau de laquelle elles sont mesurées, il n'en va pas de même pour la production de la gigue. Les spécifications relatives à la production de la gigue doivent reposer sur les spécifications existantes qui sont définies en fonction des différents débits binaires au niveau de l'interface. Ces valeurs prescrites sont énoncées séparément pour certaines des interfaces définies au § 9. Les valeurs prescrites en matière de gigue pour les interfaces de sortie à 2 048 kHz, 2 048 kbit/s et 1 544 kbit/s sont définies dans la référence [UIT-T G.811].

La gigue intrinsèque pour les autres interfaces mentionnées au § 9 doit faire l'objet d'un complément d'étude.

7 Mode de maintien

Lorsqu'une horloge PRTC perd toutes ses références en matière de phase et de temps d'entrée, elle passe dans un état de maintien de la phase et du temps. Elle peut alors se référer soit aux valeurs conservées par un oscillateur local, soit à une fréquence de référence d'entrée externe provenant d'une horloge de référence primaire (PRC), soit aux deux.

Cette valeur prescrite limite les excursions maximales dans le signal de synchronisation sortant. En outre, elle restreint les mouvements de la phase lors de défaillances du signal entrant ou de perturbations internes.

Les prescriptions en matière de maintien de la phase et du temps pour l'horloge PRTC doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

8 Discontinuité de la phase

La discontinuité de la phase pour une horloge PRTC doit faire l'objet d'un complément d'étude.

9 Interfaces

Les valeurs prescrites dans la présente Recommandation sont associées à des points de référence qui peuvent être situés à l'intérieur de l'équipement ou de l'équipement de réseau (NE) dans lequel l'horloge PRTC est intégrée et qui, en raison de cela, ne sont pas forcément accessibles à l'utilisateur à des fins de mesure ou d'analyse. En conséquence, la qualité de fonctionnement de l'horloge PRTC est spécifiée, non pas en ces points de référence intérieurs, mais au niveau des interfaces extérieures de l'équipement.

Il convient de noter que toutes les interfaces mentionnées ci-après ne doivent pas nécessairement être employées dans tous les équipements.

9.1 Interfaces de phase et de temps

Les interfaces de phase et de temps spécifiées pour l'équipement dans lequel l'horloge PRTC peut être intégrée sont les suivantes:

- l'interface de diffusion du temps ou de la phase, fondée sur la norme UIT-T V.11, qui est définie dans les références [UIT-T G.703] et [UIT-T G.8271];
- l'interface de mesure de la synchronisation des phases à 50 Ω et à 1PPS, qui est définie dans les références [UIT-T G.703] et [UIT-T G.8271];
- d'autres interfaces devant faire l'objet d'un complément d'étude;
- l'interface Ethernet acheminant les messages dans le cadre du protocole PTP.

NOTE – Les interfaces Ethernet peuvent allier l'Ethernet synchrone pour la fréquence et les messages établis dans le cadre du protocole PTP.

9.2 Interfaces de fréquence

Outre les interfaces de phase et de temps, des interfaces de fréquence peuvent être employées. Au moins une interface de fréquence de sortie doit être prévue. Les interfaces de fréquence de sortie spécifiées pour l'équipement dans lequel l'horloge PRTC peut être intégrée sont les suivantes:

- les interfaces à 2 048 kHz conformes à la référence [UIT-T G.703] avec les prescriptions supplémentaires en matière de gigue et de dérapage qui y sont spécifiées;
- les interfaces à 1 544 kbit/s conformes à la référence [UIT-T G.703] avec les prescriptions supplémentaires en matière de gigue et de dérapage qui y sont spécifiées;
- les interfaces à 2 048 kbit/s conformes à la référence [UIT-T G.703] avec les prescriptions supplémentaires en matière de gigue et de dérapage qui y sont spécifiées;
- les interfaces Ethernet synchrones;

NOTE – Les interfaces Ethernet peuvent allier les messages établis dans le cadre du protocole PTP et l'Ethernet synchrone.

- l'interface de diffusion du temps ou de la phase, fondée sur la norme UIT-T V.11, qui est définie dans les références [UIT-T G.703] et [UIT-T G.8271];
- l'interface de mesure de la synchronisation des phases à 50 Ω et à 1PPS, qui est définie dans les références [UIT-T G.703] et [UIT-T G.8271];
- d'autres interfaces devant faire l'objet d'un complément d'étude.

Les interfaces facultatives de fréquence d'entrée, spécifiées pour l'équipement dans lequel l'horloge PRTC peut être intégrée, doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

Appendice I

Mesure de la qualité de fonctionnement d'une horloge PRTC ou d'une horloge PRTC regroupée avec un pilote T-GM

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

L'erreur temporelle à la sortie d'une horloge PRTC est difficile à mesurer parce que le temps est une grandeur relative. A la différence de la fréquence, il n'existe pas de "générateur de temps". Il faut toujours comparer le temps à un étalon tel que le temps UTC. Même le temps UTC lui-même n'est connu que rétrospectivement, à partir de la comparaison des valeurs indiquées par plusieurs temps étalons nationaux pendant une certaine durée.

NOTE 1 – La précision du test de la qualité de fonctionnement d'une horloge PRTC doit faire l'objet d'un complément d'étude.

NOTE 2 – Les détails du test d'une horloge PRTC regroupée avec un pilote T-GM sont donnés dans la référence [UIT-T G.8273].

I.1 Facteurs influençant la qualité de fonctionnement d'une horloge PRTC employant le système GNSS

Le type d'horloge PRTC le plus courant est celui qui diffuse le temps au moyen de signaux radioélectriques en provenance d'un système GNSS. Mais la qualité de fonctionnement d'un système GNSS dépend de problèmes échappant au contrôle du fabricant de l'équipement. En raison de cela, les spécifications qu'il établit ne peuvent qu'indiquer ce dont l'équipement est capable, et non la qualité de fonctionnement que l'équipement aura concrètement dans une installation donnée.

En mesurant la qualité de fonctionnement d'une horloge PRTC employant un système GNSS, il convient de vérifier, dans la mesure du possible, que:

- l'équipement est configuré et calibré d'une manière adaptée aux décalages fixes tels que ceux dus à la longueur des câbles d'antenne et aux amplificateurs des câbles. Par exemple, un câble d'antenne produira un retard d'environ 4 ns/m, en fonction du type de câble;
- toute compensation pour l'asymétrie d'un signal à 1PPS sortant, intégrée dans l'horloge PRTC (telle que celle décrite au § A.1.2 de la référence [UIT-T G.8271]), est stable;
- l'antenne a une vue dégagée du ciel, et la distorsion due aux trajets multiples est minimale. Cela peut se vérifier en consignant le nombre de satellites visibles tout au long de la mesure;
- le système GNSS ou le système de diffusion radioélectrique fait l'objet d'une maintenance et d'une exploitation appropriées par les autorités compétentes. Cela peut se vérifier en examinant les bulletins d'état opérationnel délivrés par les autorités d'exploitation compétentes.

Outre ces facteurs importants, d'autres facteurs d'importance moindre peuvent conduire à des erreurs lors de la mesure du temps par un système GNSS. Ils peuvent être plus difficiles à évaluer ou à atténuer. Ces facteurs de moindre importance peuvent notamment être les suivants;

- le brouillage causé par les émissions au niveau du sol. Même si des filtres peuvent être utilisés pour éliminer une partie du brouillage au niveau du sol, cela ne protège pas toujours contre le brouillage intentionnel local. La présence de brouillage intentionnel peut être vérifiée au moyen d'un appareil de détection du brouillage;
- les conditions atmosphériques telles que les orages, les fortes pluies ou le brouillard;
- le brouillage solaire tel que les taches et les éruptions, qui affectent le retard du signal dans l'ionosphère.

I.2 Mesure du dérapage de la phase

Il est possible de mesurer le dérapage de la phase d'une horloge PRTC par rapport à une fréquence de référence de qualité d'une horloge PRC, telle qu'une horloge au césium. Un compteur d'intervalles de temps est employé pour comparer la phase d'un signal à 1PPS sortant en provenance d'une horloge PRTC à celle d'une horloge PRC. Le montage expérimental est illustré dans la Figure I.1.

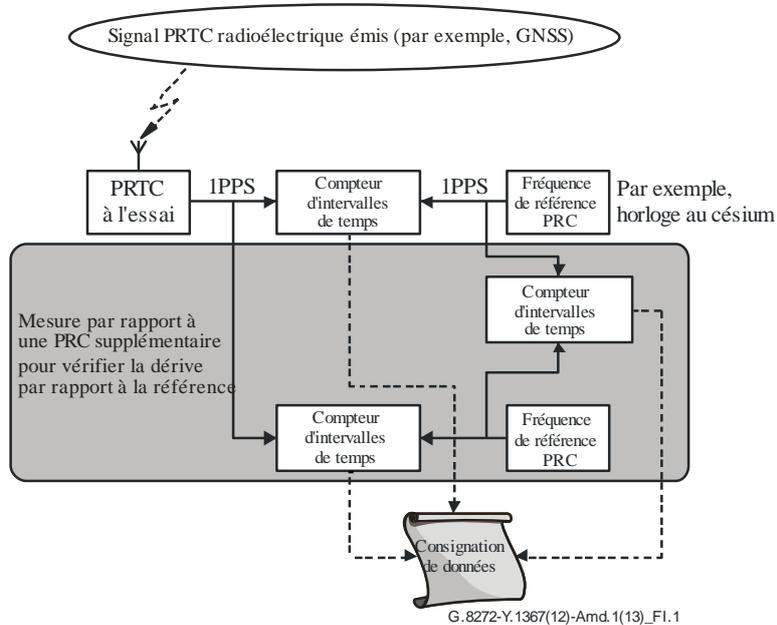


Figure I.1 – Mesure du dérapage de la phase d'une horloge PRTC

Lorsqu'une horloge PRTC et un système T-GM regroupés doivent subir un test, le compteur d'intervalles de temps peut être remplacé par un dispositif de surveillance du rythme des paquets, comme indiqué dans la Figure I.2.

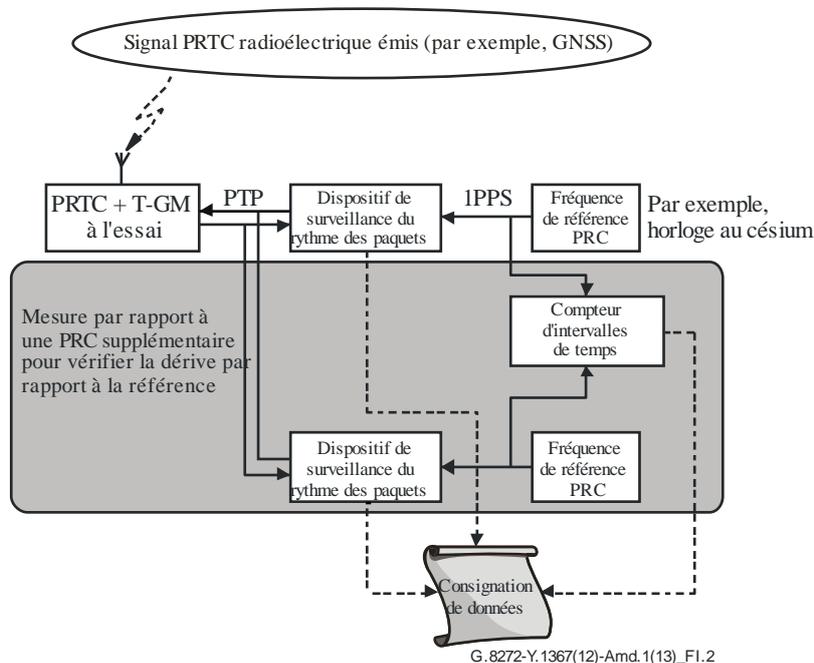


Figure I.2 – Mesure du dérapage de la phase d'une horloge PRTC et d'un pilote T-GM regroupés

Le dérapage d'une horloge de référence au césium est très lent, même s'il peut avoir un léger décalage par rapport à la fréquence UTC. Pour une horloge PRTC, ce décalage est garanti être inférieur à 10^{-11} , mais les horloges de référence habituelles au césium ont une qualité de fonctionnement bien meilleure. Ce décalage de fréquence conduit à une inclinaison du diagramme de phase, qui doit être supprimée pour faire ressortir la qualité de fonctionnement en matière de dérapage de l'horloge PRTC.

Afin de distinguer le dérapage de l'horloge PRTC de celui de l'horloge PRC, une seconde horloge PRC peut être utilisée pour effectuer une comparaison à trois. Ceci est représenté dans les Figure I.1 et I.2 par les composants dans les cadres grisés. Cette vérification supplémentaire peut être omise si elle n'est pas requise.

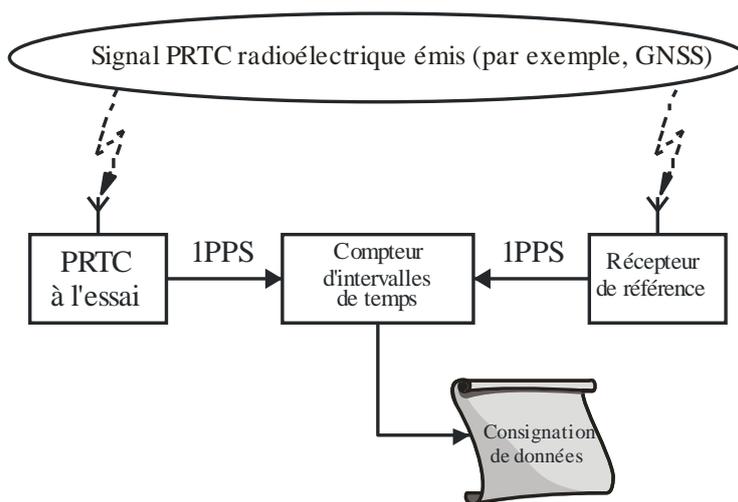
Puisque l'horloge de référence au césium est une source de fréquence et non de temps, cette expérience indique seulement l'existence du dérapage de la phase, mais ne permet pas de mesurer l'erreur temporelle à partir du temps du système GNSS. Toutefois, elle indique que dans les cas où l'erreur statique peut être mesurée et soustraite, l'horloge PRTC peut maintenir le temps dans certaines limites.

I.3 Mesures de l'erreur temporelle

Afin de déterminer l'erreur temporelle maximale d'une horloge PRTC, il est nécessaire de la comparer avec une autre source précise de temps.

I.3.1 Comparaison avec un récepteur de référence

Dans un laboratoire, une source précise de temps pourrait être un autre récepteur GNSS d'incertitude connue ou un "récepteur de référence". Le montage expérimental est très semblable à celui de la mesure du dérapage, l'horloge PRC au césium étant remplacée par le récepteur de référence. Un compteur d'intervalles de temps est employé pour évaluer la différence de temps entre un signal à 1PPS sortant en provenance de l'horloge PRTC et celui du récepteur de référence. Le montage expérimental est représenté dans la Figure I.3:



G.8272-Y.1367(12)-Amd.1(13)_FI.3

Figure I.3 – Comparaison de la précision temporelle à celle d'un récepteur de référence

Pour une horloge PRTC et un système T-GM regroupés, le compteur d'intervalles de temps peut être remplacé par un dispositif de surveillance du rythme des paquets, comme illustré dans la Figure I.4 ci-après:

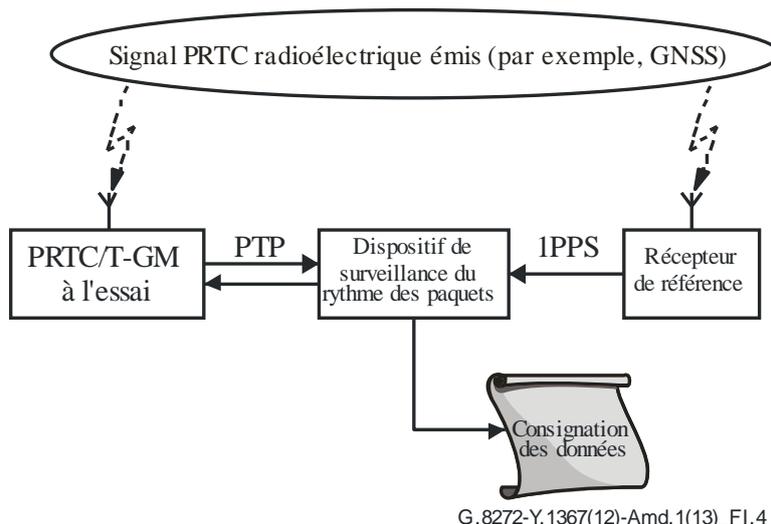
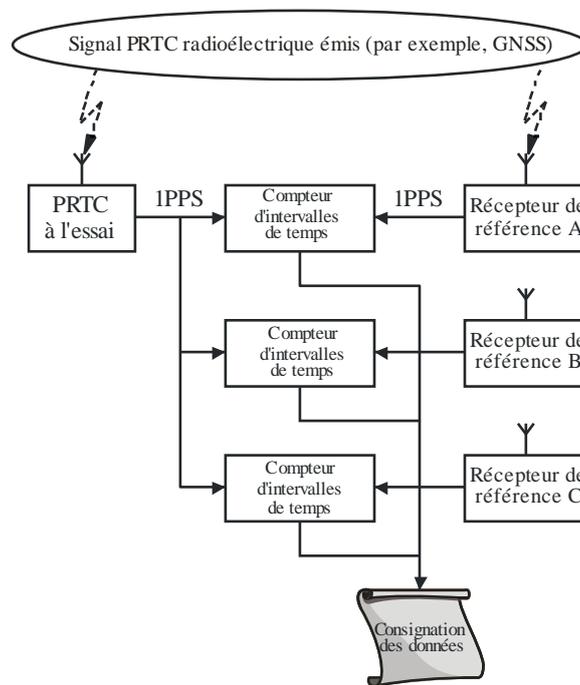


Figure I.4 – Comparaison de la précision temporelle d'une horloge PRTC regroupée avec un pilote T-GM à celle d'un récepteur de référence

Dans ce montage, afin que les résultats soient valables, le récepteur de référence devrait idéalement avoir une qualité de fonctionnement bien meilleure que celle de l'horloge PRTC. Puisque la valeur spécifiée de l'erreur temporelle de l'horloge PRTC s'approche des limites de ce qui est possible en employant un système GNSS, ce type de mesure est capable, non pas de prouver que la spécification en matière de précision est satisfaite, mais seulement de donner une indication sur le fait que la précision temporelle est du bon ordre de grandeur.

Il convient de noter que dans les cas où la qualité de fonctionnement du récepteur de référence n'est pas nettement meilleure que celle de l'horloge PRTC à l'essai, il est impossible de vérifier si l'équipement à l'essai satisfait à la spécification qui le concerne. Ce montage ne peut être utilisé que pour un test de base permettant d'évaluer rapidement si l'horloge PRTC a ou non des problèmes éventuels majeurs. La raison en est que si la qualité de fonctionnement du récepteur de référence est la même que celle de l'horloge PRTC, l'erreur MTIE, l'écart TDEV et la grandeur $\max|TE|$ mesurés pourraient atteindre jusqu'à deux fois les valeurs prescrites pour l'horloge PRTC ou au contraire être de l'ordre de zéro.

La méthode du récepteur de référence peut être améliorée en employant une série de récepteurs de référence. Par exemple, si trois récepteurs ou plus sont employés, il est possible d'utiliser un système de "vote à la majorité" pour déterminer la qualité de fonctionnement de l'horloge PRTC à l'essai. Il est aussi possible d'estimer la variance des récepteurs individuels. Le montage expérimental est illustré dans la Figure I.5.



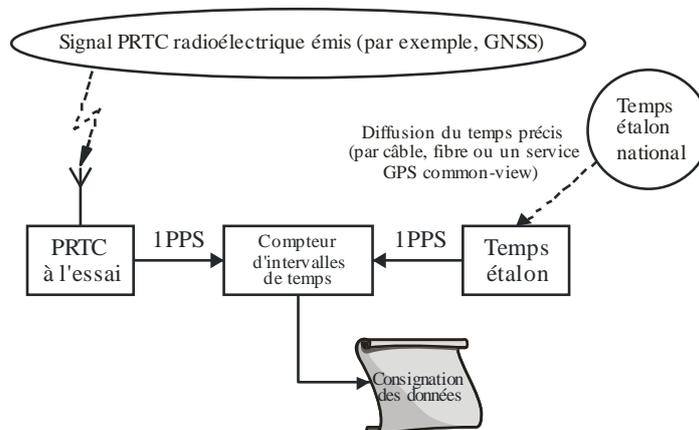
G.8272-Y.1367(12)-Amd.1(13)_Fl.5

Figure I.5 – Comparaison de la précision temporelle à celle de plusieurs récepteurs de référence

Pour une horloge PRTC et un système T-GM regroupés, les compteurs d'intervalles de temps peuvent être remplacés par des dispositifs de surveillance du rythme des paquets.

I.3.2 Etalonnage sur un temps étalon national

Afin de démontrer que l'erreur temporelle par rapport à un temps étalon donné est située dans des limites acceptables, il est nécessaire de comparer l'horloge PRTC avec une source de temps beaucoup plus précise. Cela peut, par exemple, se faire dans un laboratoire national chargé du temps. Soit la mesure se fait dans le laboratoire lui-même, soit un système de diffusion d'un temps précis est employé, tel qu'un câble ou une fibre spécialement conçus à cet usage, soit il est fait appel à un service temporel GNSS common-view. Ce type de mesure peut être utilisé pour caractériser la qualité de fonctionnement d'un récepteur de référence. Le montage expérimental est représenté dans la Figure I.6.



G.8272-Y.1367(12)-Amd.1(13)_Fl.6

Figure I.6 – Mesure de la précision temporelle par rapport à un temps étalon national

Pour une horloge PRTC et un système T-GM regroupés, les compteurs d'intervalles de temps peuvent être remplacés par un dispositif de surveillance du rythme des paquets.

I.3.3 Comparaison avec un simulateur GNSS

Les simulateurs GNSS produisent un signal radioélectrique (RF) imitant le signal qui pourrait provenir d'une constellation de satellites, et tenant compte du "mouvement" apparent des satellites ainsi que de leur apparition et de leur disparition lorsqu'ils montent au-dessus de l'horizon ou qu'ils se couchent. La "position" et le "temps" du dispositif à l'essai à une heure et à une date donnée peuvent être programmés dans le simulateur, de manière à reproduire correctement les signaux en provenance des satellites, qui pourraient être observés par un récepteur au même emplacement et au même moment.

Certains simulateurs sont aussi capables de reproduire les défaillances courantes des signaux, telles que celles qui sont causées par une vue limitée du ciel, les perturbations atmosphériques et les réflexions dues à la propagation par trajets multiples. Le test complet d'une horloge PRTC devrait comporter une mesure de son aptitude à résister à ces défaillances.

Le simulateur produit aussi des signaux horaires à 1PPS sortants, qui sont synchronisés avec les signaux radioélectriques produits. Le signal horaire à 1PPS peut être comparé au signal sortant d'une horloge PRTC et d'un pilote T-GM regroupés à l'essai, afin de vérifier la précision du dispositif à l'essai.

Le dispositif de surveillance compare le temps et la phase, indiqués par les signaux PTP à 1PPS sortants en provenance du dispositif à l'essai, à ceux des signaux horaires à 1PPS produits par le simulateur. Toute différence entre les deux correspond à une erreur temporelle ou à une erreur sur la phase produite par le dispositif à l'essai. Un compteur d'intervalles de temps est employé pour comparer la différence de temps entre un signal à 1PPS sortant en provenance d'une horloge PRTC et celui d'un récepteur de référence. Le montage expérimental est illustré dans la Figure I.7.

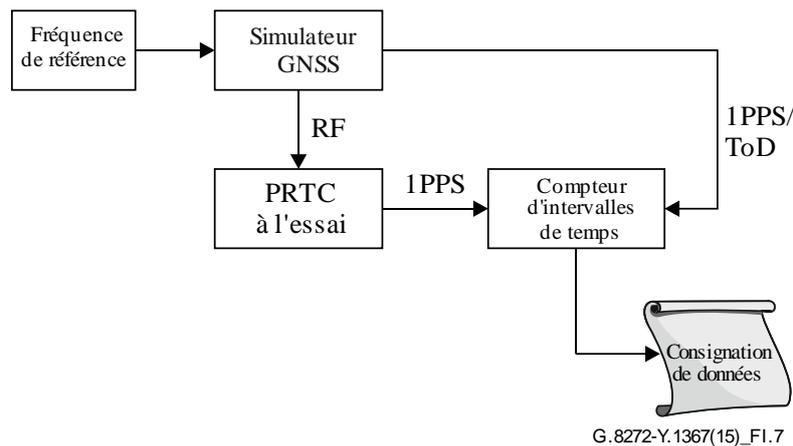


Figure I.7 – Comparaison de la précision temporelle d'une horloge PRTC à celle d'un simulateur GNSS

Pour une horloge PRTC et un système T-GM regroupés, le compteur d'intervalles de temps peut être remplacé par un dispositif de surveillance du rythme des paquets, comme indiqué dans la Figure I.8 ci-après:

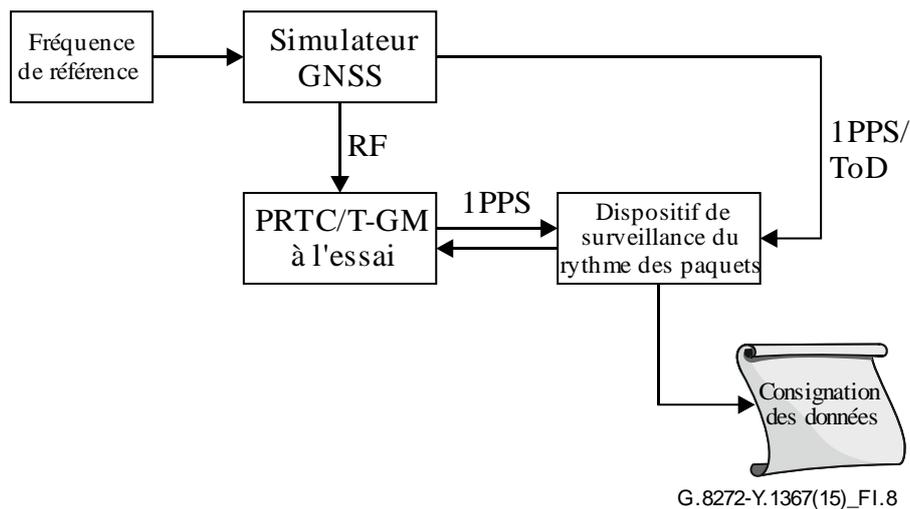


Figure I.8 – Comparaison de la précision temporelle d'une horloge PRTC et d'un pilote T-GM regroupés à celle d'un simulateur GNSS

Dans ce montage, la différence temporelle entre le signal radioélectrique sortant et les signaux à 1PPS en provenance du simulateur GNSS devrait idéalement être inférieure à 5 ns pour démontrer que la spécification en matière de précision de la Rec. UIT-T G.8272, selon laquelle cette valeur doit être inférieure à 100 ns, est satisfaite, tout comme les spécifications qui concernent l'erreur MTIE et l'écart TDEV.

Comme les mesures doivent se faire sur une longue période, le simulateur GNSS devrait être piloté par un signal entrant de fréquence de référence stable, tel que celui d'une horloge PRC ou d'une autre horloge atomique stable. La stabilité de cette horloge devrait suffire à garantir que le dérapage soit inférieur à la largeur de bande de l'horloge PRTC à l'essai.

Appendice II

Modèle fonctionnel de l'horloge PRTC

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

Le présent Appendice contient un modèle simplifié de l'horloge PRTC qui permet de décrire sa fonctionnalité et de définir les diverses interfaces et fonctions qui ensemble la caractérisent.

La Figure II.1 représente un modèle fonctionnel. Elle n'est pas censée spécifier une mise en œuvre particulière.

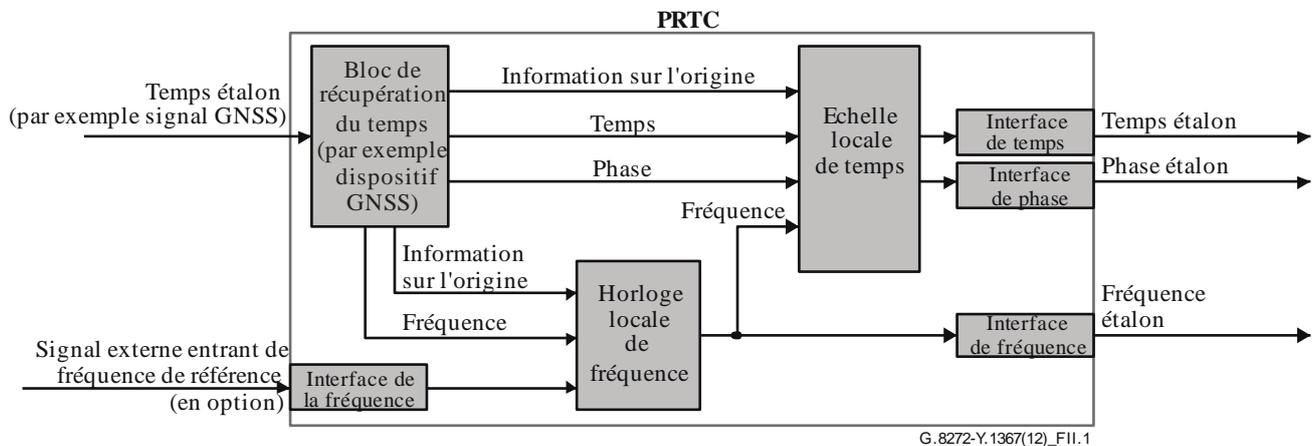


Figure II.1 – Modèle fonctionnel de l'horloge PRTC

NOTE – Les interfaces de sortie représentées dans la Figure II.1 correspondent à des interfaces logiques. Dans certaines mises en œuvre de l'horloge PRTC, l'interface logique de temps et l'interface logique de phase peuvent être fusionnées dans une même interface physique de phase et de temps. Outre le temps étalon, l'interface logique de temps peut acheminer des informations supplémentaires concernant l'origine de la référence.

L'horloge PRTC a pour principale fonction de fournir un temps étalon primaire à utiliser lors de la synchronisation des temps ou des phases des autres horloges du réseau.

Une horloge PRTC reçoit un temps étalon d'un système ayant accès à un temps étalon primaire reconnu (par exemple, provenant d'un système mondial de navigation par satellite ou d'un laboratoire national qui participe à la production du temps étalon) et transmet ce signal de référence aux autres horloges du réseau ou d'une portion de réseau.

Par ailleurs, une horloge PRTC peut comporter des interfaces de fréquence d'entrée, mais elle doit renfermer au moins une interface de fréquence de sortie. Lorsqu'elle est calée sur une fréquence de référence provenant d'une horloge PRC, l'interface de fréquence d'entrée, en option, peut être employée pour conserver la représentation locale de l'échelle de temps pendant les pannes du temps étalon d'entrée (c'est-à-dire, pour prolonger la période de maintien de la phase et du temps de l'horloge). L'interface de fréquence de sortie, en option, peut éventuellement servir à mesurer le bruit de phase de l'horloge PRTC à l'aide de signaux de télécommunication classiques.

Enfin, l'horloge PRTC peut aussi fournir des informations sur l'origine, rendant compte de l'état de l'horloge (c'est-à-dire, du fait qu'elle est calée sur un signal de référence entrant, ou qu'elle est en mode de maintien, etc.). Les détails de ces informations sur l'origine doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

La fonctionnalité d'une horloge PRTC est définie au moyen des différents blocs de la Figure II.1. Une description des fonctions est donnée dans le Tableau II.1. Il convient de noter que le regroupement particulier des fonctions ne sert qu'à la description et n'est pas censé spécifier comment l'horloge PRTC peut être mise en œuvre.

Tableau II.1 – Fonctions PRTC

Récupération du temps	Reçoit et prend en charge l'interface externe de temps (par exemple, provenant de l'antenne GNSS). Fournit les signaux sortants acheminant la fréquence, la phase et le temps. Fournit des informations sur l'origine.
Horloge locale de fréquence	L'horloge de fréquence transmet des signaux de synchronisation acheminant la fréquence à usage interne. Dans le cas de la perte du signal par le dispositif de récupération du temps, l'horloge peut soit passer en mode de maintien, soit employer la fréquence étalon d'entrée en option (si elle est présente). Les détails de cette horloge doivent faire l'objet d'un complément d'étude, même s'il est prévu que la largeur de bande sera très faible, étant donné la spécification à la sortie de l'horloge PRTC.
Echelle locale de temps	Conserve la représentation locale de l'échelle de temps, sur la base de la fréquence produite par l'horloge locale de fréquence. Ce bloc produit aussi les signaux sortants acheminant le temps et la phase étalons.
Interface	Fonction d'interface nécessaire à la production d'un signal physique.

Appendice III

Informations échangées concernant l'interface de temps

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

L'horloge PRTC peut comporter trois interfaces de sortie qui permettent d'acheminer la fréquence, la phase et le temps.

NOTE – Ces interfaces correspondent à des interfaces logiques. Dans certaines mises en œuvre de l'horloge PRTC, l'interface logique de temps et l'interface logique de phase peuvent être fusionnées dans une même interface physique de phase et de temps.

L'interface de temps prend en charge la production des informations concernant le temps et l'état fournies par l'horloge PRTC. Ces informations sont acheminées dans des messages. Le format des messages doit faire l'objet d'un complément d'étude. Un exemple d'informations qui pourraient être transférées par le biais de l'interface de temps est donné dans le Tableau III.1.

Tableau III.1 – Exemple d'informations concernant le temps et l'état

Désignation	Description
Temps	Temps atomique international (TAI), en secondes.
Secondes intercalaires	Secondes intercalaires (décalage entre les temps TAI et UTC).
Fanions d'ajout/de suppression de secondes intercalaires	Notifie d'avance la présence d'une seconde intercalaire.
Etat	Indique si le signal est dans un état verrouillé, ou en mode de maintien, ou s'il ne doit pas être employé.

Appendice IV

Emplacement des horloges PRTC

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

Lorsque la diffusion de la phase ou du temps est envisagée, les fonctions PRTC peuvent occuper différentes positions, qui dépendent de l'architecture d'ensemble que l'opérateur de réseau souhaite employer. En général, cela peut se résumer par les quatre emplacements génériques A, B, C et D, décrits dans le présent paragraphe et indiqués dans la Figure IV.1 ci-après.

NOTE – Un pilote de paquets ou un pilote T-GM (non représenté dans la figure) est en général co-implanté avec l'horloge PRTC, par exemple, lorsque l'horloge PRTC émet un signal de synchronisation des temps à l'intention d'emplacements distants.

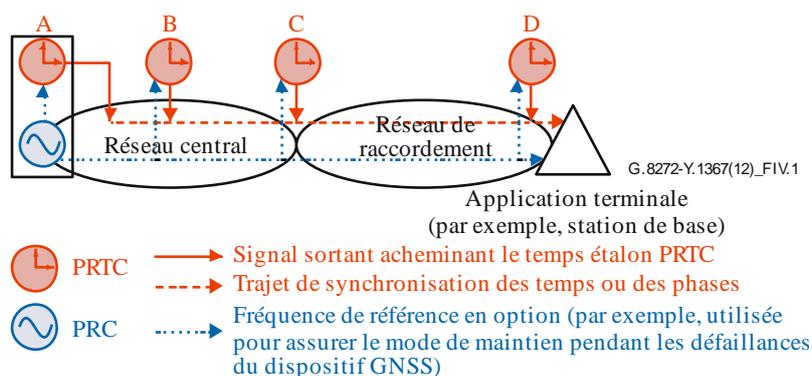


Figure IV.1 – Emplacements génériques d'une fonction PRTC

Il convient de noter que le positionnement des fonctions PRTC près de l'application terminale nécessite le déploiement d'un nombre plus grand de fonctions PRTC que celui qu'exige un positionnement central. Mais ce positionnement a aussi des avantages. Par exemple, il simplifie l'étalonnage correct de l'asymétrie des liaisons depuis l'horloge PRTC jusqu'à l'application terminale. Dans ce cas, il suffit d'étalonner un nombre plus petit de liaisons, afin d'éviter une accumulation d'erreurs temporelles excessives.

- Cas A: l'horloge PRTC est en position centrale, co-implantée avec une horloge PRC
Dans le cas A, l'horloge PRTC est co-implantée avec l'horloge PRC dans le réseau central et peut recevoir une fréquence de référence de l'horloge PRC (les deux fonctions peuvent être incorporées dans le même équipement). L'horloge PRTC émet ensuite, par l'intermédiaire du pilote de paquets, un signal de référence pour la synchronisation des temps à travers le réseau central et le réseau de raccordement, à l'intention de l'application terminale (par exemple, une station de base). Un protocole temporel tel que le protocole PTP peut par exemple être employé pour ce faire.
- Cas B: l'horloge PRTC est en position centrale, non co-implantée avec une horloge PRC
Dans le cas B, l'horloge PRTC est située dans le réseau central, mais n'est pas co-implantée avec l'horloge PRC. En général, l'horloge PRTC est dans ce cas co-implantée avec une unité de synchronisation (SSU) (les deux fonctions peuvent être incorporées dans le même équipement, un récepteur GNSS étant habituellement ajouté à l'unité SSU), et elle peut recevoir une fréquence de référence de cette unité SSU. L'horloge PRTC émet ensuite, par l'intermédiaire du pilote de paquets (T-GM), un signal de référence pour la synchronisation des temps à travers le réseau central et le réseau de raccordement, à l'intention de l'application terminale (par exemple, une station de base). Un protocole temporel tel que le protocole PTP peut par exemple être employé pour ce faire.

- Cas C: les horloges PRTC sont situées en des lieux d'agrégation

Dans le cas C, l'horloge PRTC est située en un lieu d'agrégation. Habituellement, un récepteur GNSS est ajouté à l'une des dernières unités SSU de la chaîne de fréquences dans la couche physique. L'horloge PRTC émet ensuite, par l'intermédiaire du pilote de paquets (T-GM), un signal de référence pour la synchronisation des temps à travers le réseau de raccordement, à l'intention de l'application terminale (par exemple, une station de base). Un protocole temporel tel que le protocole PTP peut par exemple être employé pour ce faire.

- Cas D: les horloges PRTC sont situées au bord du réseau

Dans le cas D, l'horloge PRTC est maintenant située directement au bord du réseau (par exemple, une cellule). Habituellement, un récepteur GNSS est directement relié à l'application terminale (par exemple, une station de base). Dans ce cas, en général, la fonction PRTC émet ensuite directement un signal de référence pour la synchronisation des temps à l'intention de l'application terminale (par exemple, une station de base).

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE Y
**INFRASTRUCTURE MONDIALE DE L'INFORMATION, PROTOCOLE INTERNET ET RÉSEAUX DE
 PROCHAINE GÉNÉRATION**

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
	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

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

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série D	Principes généraux de tarification
Série E	Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
Série F	Services de télécommunication non téléphoniques
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	Terminaux et méthodes d'évaluation subjectives et objectives
Série Q	Commutation et signalisation
Série R	Transmission télégraphique
Série S	Equipements terminaux de télégraphie
Série T	Terminaux des services télématiques
Série U	Commutation télégraphique
Série V	Communications de données sur le réseau téléphonique
Série X	Reseaux de données, communication entre systemes ouverts et sécurité
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information, protocole Internet et reseaux de prochaine génération
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systemes de télécommunication