

RECOMMANDATION UIT-R TF.1153-2

Utilisation opérationnelle du transfert bidirectionnel de signaux horaires et de fréquences étalon par satellite au moyen de codes de pseudo-bruit

(Question UIT-R 201/7)

(1995-1997-2003)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) la grande précision offerte par la technique de transfert bidirectionnel par satellite de signaux horaires et de fréquences étalon (TWSTFT) que mentionne la Question UIT-R 201/7;
- b) qu'il est établi que les systèmes TWSTFT utilisant des satellites de télécommunication dans les bandes 14/11 GHz et 14/12 GHz sont très performants;
- c) que d'autres bandes de fréquences sont de plus en plus utilisées;
- d) qu'il est établi que les systèmes TWSTFT donnent de bons résultats d'étalonnage temporel;
- e) que l'on dispose de bases théoriques applicables au calcul des corrections de l'effet du temps de propagation dans la troposphère et l'ionosphère, de l'effet Sagnac et d'autres facteurs de réciprocité;
- f) que le nombre de participants est en augmentation;
- g) qu'il est nécessaire de normaliser:
 - les procédures de mesure;
 - le traitement des données;
 - le format d'échange bidirectionnel des données et des informations utiles,

recommande

- 1 d'adopter pour le transfert précis de signaux horaires et des fréquences étalon des procédures de mesure et de traitement des données conformes aux procédures définies dans l'Annexe 1;
- 2 d'incorporer dans le format d'échange bidirectionnel des données utiles les informations rassemblées dans l'Annexe 2.

Annexe 1**Procédures TWSTFT****1 Introduction**

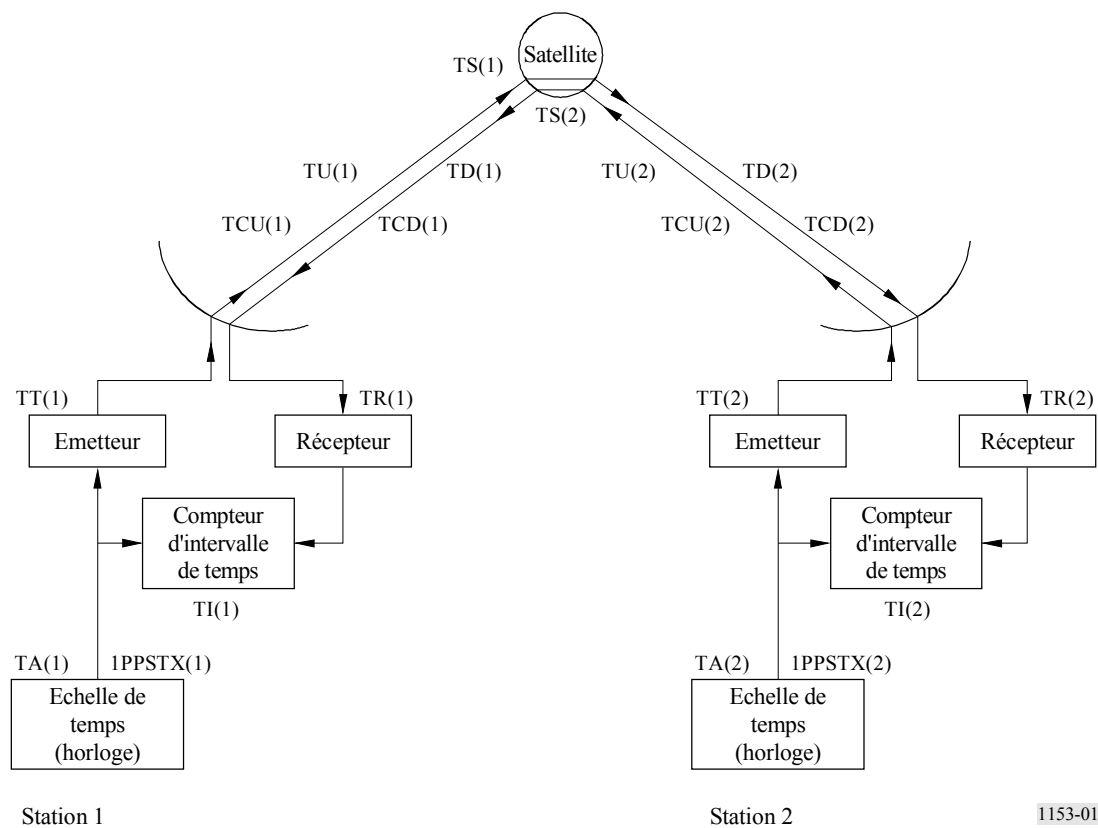
Les liaisons radioélectriques peuvent être utilisées pour transférer les signaux horaires d'une horloge à l'autre. Toutefois, sur ces liaisons, le temps de propagation des signaux varie en fonction de la distance, des conditions de l'ionosphère et de la troposphère, de la température, de la conductivité de la Terre, etc. Le système bidirectionnel permet d'annuler les effets de ces variations: les signaux

horaires sont transmis simultanément par deux horloges, l'une vers l'autre, et à chaque extrémité, le signal reçu de l'autre horloge est mesuré. Les données mesurées sont alors échangées, et l'on calcule le décalage entre les deux horloges. L'annulation des écarts est assurée par la totale réciprocité des trajets des signaux. Pour obtenir des résultats précis, il faut savoir quand la réciprocité n'est pas parfaite, et être en mesure de procéder aux corrections nécessaires.

Il y a une différence liaison montante/liaison descendante en raison de la distance entre l'antenne de réception et l'antenne d'émission. Il y a des trajets «de différence» pour la liaison montante et pour la liaison descendante si l'antenne de réception et l'antenne d'émission du satellite ne sont pas les mêmes. L'incidence dépend de l'altitude du satellite, au niveau de la station. L'erreur système de la liaison sera modifiée lorsque la liaison satellite est de l'un à l'autre.

FIGURE 1

Principe du TWSTFT



1153-01

La Fig. 1 indique de quelle manière on calcule l'écart de temps entre les horloges des stations 1 et 2.

- TA(k): échelle de temps au point de référence 1PPSTX de la station k, où k désigne le numéro de la station
- TI(k): lecture de l'intervalle de temps
- TT(k): retard dû à l'émetteur, retard du modem inclus
- TR(k): retard dû au récepteur, retard du modem inclus
- TU(k): temps de propagation sur la liaison montante
- TD(k): temps de propagation sur la liaison descendante
- TS(k): retard dû au satellite
- TCU(k): correction de l'effet Sagnac sur la liaison montante
- TCD(k): correction de l'effet Sagnac sur la liaison descendante.

La différence entre l'échelle de temps (1PPSTX) de la station 2 et l'échelle de temps (1PPSTX) de la station 1 est donnée par $TA(1) - TA(2)$ et est calculée comme suit.

La lecture du compteur d'intervalle de temps (CIT) au niveau de la station 1 donne:

$$TI(1) = TA(1) - TA(2) + TT(2) + TU(2) + TCU(2) + TS(2) + TD(1) + TCD(1) + TR(1)$$

La lecture du CIT au niveau de la station 2 donne:

$$TI(2) = TA(2) - TA(1) + TT(1) + TU(1) + TCU(1) + TS(1) + TD(2) + TCD(2) + TR(2)$$

En soustrayant l'expression obtenue pour la station 2 de celle obtenue pour la station 1, on obtient:

$$TI(1) - TI(2) = 2 \cdot TA(1) - 2 \cdot TA(2) + TT(2) - TT(1) + TU(2) - TU(1) + TS(2) - TS(1) \\ + TD(1) - TD(2) + TR(1) - TR(2) + TCD(1) - TCU(1) - TCD(2) + TCU(2)$$

L'écart entre les échelles de temps est donné par:

$$TA(1) - TA(2) = 1/2[TI(1)] \quad (= \text{lecture du CIT au niveau de la station 1}) \\ -1/2[TI(2)] \quad (= \text{lecture du CIT au niveau de la station 2}) \\ +1/2[TS(1) - TS(2)] \quad (= \text{retard dû au satellite}) \\ +1/2[TU(1) - TD(1)] \quad (= \text{différence montante/descendante à la station 1}) \\ -1/2[TU(2) - TD(2)] \quad (= \text{différence montante/descendante à la station 2}) \\ +1/2[TT(1) - TR(1)] \quad (= \text{décalage entre l'émission et la réception au} \\ \text{niveau de la station 1}) \\ -1/2[TT(2) - TR(2)] \quad (= \text{décalage entre l'émission et la réception au} \\ \text{niveau de la station 2}) \\ -1/2[TCD(1) - TCU(1)] \quad (= \text{correction de l'effet Sagnac pour la station 1, y} \\ \text{compris correction du mouvement du satellite}) \\ +1/2[TCD(2) - TCU(2)] \quad (= \text{correction de l'effet Sagnac pour la station 2, y} \\ \text{compris correction du mouvement du satellite}).$$

Les sept derniers termes représentent les corrections de non-réciprocité. Les corrections peuvent être déterminées et regroupées par station. Chaque station échange à la fois les données $TI(k)$ et le calcul de ses propres corrections avec l'autre station.

Les facteurs de non-réciprocité sont traités ci-après de façon plus détaillée.

2 Non-réciprocité due aux retards introduits par les équipements des satellites

Si le satellite utilise la même fréquence, la même antenne de réception, le même canal de répéteur et la même antenne d'émission, alors $TS(1) = TS(2)$.

Il en est autrement lorsque, à chaque station, des fréquences, des répéteurs ou des faisceaux ponctuels différents sont utilisés pour la réception et/ou les émissions de chaque station, comme dans le cas par exemple des satellites Intelsat qui assurent les liaisons transatlantiques. Dans ce cas, la mesure de $TS(1)$ et $TS(2)$ ou du moins de la différence $TS(1) - TS(2)$ doit être effectuée avant le lancement du satellite, ou au moyen d'une autre méthode précise de transfert de signaux horaires.

3 Correction de l'effet Sagnac

Compte tenu du déplacement des stations terriennes et du satellite, dû à la rotation de la Terre sur son axe, le temps de propagation Terre-satellite et satellite-Terre d'un signal horaire doit être corrigé. Pour une propagation unidirectionnelle entre le satellite s et la station k , cette correction de l'effet Sagnac s'écrit:

$$TCD(k) = (\Omega/c^2) \times [Y(k) \times X(s) - X(k) \times Y(s)]$$

où:

- Ω : vitesse de rotation de la Terre = $7,2921 \times 10^{-5}$ rad/s
 c : vitesse de la lumière = 299 792 458 m/s
 $X(k)$: coordonnée géocentrique x de la station (m)
 $= r \cos[LA(k)] \times \cos[LO(k)]$
 $X(s)$: coordonnée géocentrique x du satellite (m)
 $= R \cos[LA(s)] \times \cos[LO(s)]$
 $Y(k)$: coordonnée géocentrique y de la station (m)
 $= r \cos[LA(k)] \times \sin[LO(k)]$
 $Y(s)$: coordonnée géocentrique y du satellite (m)
 $= R \cos[LA(s)] \times \sin[LO(s)]$
 r : rayon de la Terre = 6 378 140 m
 R : rayon de l'orbite du satellite = 42 164 000 m
 LA : latitude
 LO : longitude.

Pour les satellites géostationnaires $LA(s) = 0$, d'où $TCD(k) = (\Omega/c^2) \times R \times r \times \cos[LA(k)] \times \sin[LO(k) - LO(s)]$.

Correction Sagnac globale TC(12) à appliquer à l'horloge de la station 1 prise comme référence de mesure de l'horloge de la station 2:

$$TC(12) = 1/2(TCU(1) + TCD(2) - [TCU(2) + TCD(1)])$$

Sur les deux liaisons, les corrections Sagnac sont de signes opposés, puisque les signaux sont de sens contraires: $TCU(k) = -TCD(k)$, d'où $TC(12) = -TCD(1) + TCD(2)$.

Exemple pour un satellite à 307° E:

$LA(VSL) = 52^\circ N$, $LO(VSL) = 4^\circ E$, $LO(sat) = 307^\circ E$, différence de $LO = 57^\circ$, $TCD(VSL) = +112,42$ ns

$LA(USNO) = 39^\circ N$, $LO(USNO) = 283^\circ E$, $LO(sat) = 307^\circ E$, différence de $LO = -24^\circ$, $TCD(USNO) = -68,83$ ns

$TC(VSL \rightarrow USNO): -TCD(VSL) + TCD(USNO) = -181,25$ ns

$TC(USNO \rightarrow VSL): -TCD(USNO) + TCD(VSL) = +181,25$ ns

VSL: NMI Van Swinden Laboratory, Delft, Pays-Bas

USNO: US Naval Observatory, Washington DC, Etats-Unis d'Amérique.

4 Effets d'asymétrie dus au mouvement du satellite dans une configuration terrestre fixe

Les trajets bidirectionnels entre stations terriennes via le satellite ne sont pas symétriques lorsque le satellite se déplace par rapport à la Terre et lorsque les deux signaux reçus ne passent pas par le satellite au même instant. Cet effet peut être compensé par une légère correction temporelle (<17 ms) à l'émission. Sans compensation, les erreurs de synchronisation pourraient se chiffrer à presque 1 ns et il faudrait alors calculer les corrections nécessaires.

5 Correction ionosphérique

A chaque station, les signaux des liaisons montante et descendante varient en fréquence porteuse et présentent une différence de temps de propagation ionosphérique égale à:

$$40,3 \text{ CET } (1/c)(1/f_d^2 - 1/f_u^2)$$

où:

CET: concentration électronique totale sur le trajet du signal

c : vitesse de la lumière

f_d et f_u : fréquences des liaisons montante et descendante.

Exemple: pour une CET élevée de 1×10^{18} électrons/m² et pour $f_u = 14,5$ GHz et $f_d = 12,5$ GHz, cet écart est égal à 0,859 ns – 0,639 ns soit 0,220 ns. La correction correspondant à $\frac{1}{2}[\text{TU}(k) - \text{TD}(k)]$ est donc typiquement plus petite que –0,11 ns.

6 Correction troposphérique

La troposphère engendre un retard qui dépend de l'angle d'élévation, de l'hypsométrie, de la densité de l'air et de la température, mais jusqu'à 20 GHz ce retard ne dépend pas de la fréquence: son effet sur les temps de propagation dans les liaisons montante et descendante est identique et aucune correction n'est nécessaire.

7 Mesure du retard dû aux équipements de la station terrienne

L'écart observé entre l'étape d'émission et l'étape de réception $[\text{TT}(k) - \text{TR}(k)]$ y compris les convertisseurs élévateurs et abaisseurs de fréquence, le modulateur et le démodulateur (modem), les alimentations, le câblage, etc., doit être déterminé pour chaque station. A cette fin, on peut:

- placer les deux stations au même endroit; ou
- placer une troisième station terrienne (transportable) au même endroit que chacune des deux stations;
- utiliser un simulateur de satellite et un câble étalonné.

La dernière méthode est la moins onéreuse et peut être utilisée fréquemment. Il s'agit d'étalonner un câble auxiliaire, de mesurer la somme des temps de propagation à l'émission et à la réception, de mesurer la somme du retard introduit par le câble auxiliaire et du temps de propagation en réception et enfin de calculer à partir de ces mesures les temps de propagation à la réception et à l'émission.

Le retard interne émission/réception caractéristique de chaque modem doit également être déterminé. A cette fin, on peut:

- placer les modems au même endroit et mesurer la somme du retard de propagation à l'émission d'un modem et du retard de propagation à la réception de l'autre;
- mesurer la somme des retards de propagation à l'émission et à la réception en connectant le signal de sortie FI au signal d'entrée FI de chaque modem. L'intervalle de temps entre l'impulsion seconde (repère seconde) et l'inversion de phase du signal de sortie FI modulé en phase est mesurée, à l'aide d'un oscilloscope par exemple. Le retard de propagation à la réception est alors la différence entre le retard de propagation à l'émission et la somme mesurée des temps de propagation.

8 Traitement des données

Pour déterminer la différence entre les temps UTC(k) des deux laboratoires considérés, on doit mesurer avec soin et noter les retards observés dans la chaîne temporelle de l'un et l'autre. Dans certains laboratoires, le temps UTC(k) est une échelle de temps mathématique. Tous les laboratoires disposent d'une horloge de référence (horloge(k)) qui est la représentation physique de cette échelle de temps. Chaque laboratoire dresse un tableau de correspondances entre les valeurs mesurées par l'horloge de référence et l'échelle de temps [UTC(k) – horloge(k)]. Le signal de l'horloge(k) peut être appliqué à l'entrée réf(k) du modem qui génère le code de pseudo-bruit. Il existe un retard [horloge(k) – réf(k)] introduit par le câblage de connexion entre l'horloge(k) et le modem. Le modem génère une sortie d'impulsions secondes 1PPSTX liée au signal émis qui permet de mesurer la différence [réf(k) – 1PPSTX(k)] par rapport à réf(k).

Pour calculer la différence entre les échelles de temps UTC des deux laboratoires à partir de [TA(1) – TA(2)] (voir le § 1), on procède comme suit:

$$\begin{aligned}
 \text{UTC}(1) - \text{UTC}(2) &= \text{TA}(1) - \text{TA}(2) \\
 &\quad - [\text{UTC}(1) - \text{horloge}(1)] \\
 &\quad - [\text{horloge}(1) - \text{réf}(1)] \\
 &\quad - [\text{réf}(1) - 1\text{PPSTX}(1)] \\
 &\quad + [\text{UTC}(2) - \text{horloge}(2)] \\
 &\quad + [\text{horloge}(2) - \text{réf}(2)] \\
 &\quad + [\text{réf}(2) - 1\text{PPSTX}(2)]
 \end{aligned}$$

9 Détermination de la précision et de la stabilité du résultat

Il convient de se conformer aux directives générales du «Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure» de l'Organisation internationale de normalisation (1993), ainsi qu'aux procédures de détermination de la qualité décrites dans la Recommandation UIT-R TF.538.

10 Caractéristiques de qualité de fonctionnement des stations terriennes

Deux niveaux de qualité et de fonctionnement des stations terriennes doivent être pris en compte pour les transferts bidirectionnels de signaux horaires. Il s'agit en premier lieu de respecter les conditions de base imposées par le modem, de manière à ne pas dépasser en sortie la valeur de gigue de phase prescrite. Le second niveau concerne les caractéristiques de qualité de fonctionnement de la station terrienne, spécifiées par les organisations de réglementation.

Le seul respect des dispositions réglementaires ne suffit pas à garantir le bon fonctionnement d'un système bidirectionnel. Ce n'est que lorsque le rapport C/N_0 et le niveau de la porteuse C requis sont obtenus au niveau du modem que l'on peut obtenir des résultats satisfaisants. Les paramètres de fonctionnement sont déterminés d'après un bilan de liaison. A partir du bilan de liaison, on peut calculer la dimension d'antenne, la puissance d'émission et la température de bruit du système de réception nécessaires. Le bilan de liaison peut être déterminé d'après les indications et les exemples donnés au § 2.3 du Chapitre 2 et au § AN2.1, Annexe 2 du Manuel de l'UIT sur les télécommunications par satellite (3ème édition), Genève, 2002.

Les prescriptions réglementaires sont généralement établies par les services administratifs chargés de la gestion du spectre électromagnétique au niveau national et international et les opérateurs de systèmes à satellites. Ce sont d'ailleurs souvent les règles et règlements qui dictent les divers paramètres d'exploitation des stations terriennes – emplacement, date de mise en service, qualité de fonctionnement, régime d'exploitation, etc. Ces règles et règlements ont pour objet de garantir que les stations terriennes ne brouilleront pas d'autres stations ou satellites voisins. Les aspects traités sont habituellement les diagrammes de rayonnement des antennes, les gains d'antenne, les rapports G/T , les p.i.r.e. et les critères de discrimination de polarisation ainsi que la formation et la qualification du personnel d'exploitation. Pour l'essentiel, les questions techniques concernant la station terrienne ne se posent pas lorsque l'on s'adresse à des fabricants qui ont déjà homologué leurs équipements pour des systèmes et des normes spécifiques.

Les normes de qualité de fonctionnement électrique sont généralement définies dans les publications suivantes: Recommandations UIT-R S.580 et UIT-R S.465; Règle 25-209 de l'US FCC Code of Federal Regulations, Titre 47, Parties 20-39; Normes INTELSAT C (IESS-203), E (IESS-205), G (IESS-601) et Z (IESS-602) applicables aux stations terriennes. Dans certaines régions du monde, d'autres spécifications peuvent s'appliquer aux systèmes à satellites, aux emplacements, à la classification des utilisateurs, et à d'autres critères.

Annexe 2

Format d'échange de données

1 Introduction

Un fichier de données comprend tout d'abord un en-tête qui doit contenir toutes les données supposées constantes pendant la mesure. Les lignes suivantes contiennent toutes les données variables. On distingue deux types de données: celles qui sont expérimentales, et celles qui sont opérationnelles. Par exemple, les données de mesure de la seconde sont utilisées à des fins expérimentales et les résultats obtenus après un lissage quadratique appliqué à l'ensemble des mesures individuelles sont utilisés à des fins opérationnelles. A l'heure actuelle, il existe plusieurs types de modem utilisables pour le transfert TWSTFT et on connaît deux types de mesures de données. Pour le premier, chaque station terrienne signale ses propres résultats de mesure et pour le second l'une des stations participantes indique en temps réel les résultats définitifs du transfert de signaux horaires obtenus en combinant les données mesurées au niveau des deux stations. Dans cette Annexe, nous désignerons au § 3.2.1 par «Type 1 – Mesures individuelles» le premier type de mesures et au § 3.2.2 par «Type 2 – Mesures combinées» le second type de mesures.

2 Informations requises

2.1 Identification de la station et caractères, codes et décalages de fréquences assignés

Les stations participantes seront identifiées au moyen d'un caractère ASCII et des codes de pseudo-bruit ainsi qu'un décalage de fréquence porteuse net leur seront affectés.

Voir le Tableau 1 comme exemple.

TABLEAU 1

Modem MITREX		
Désignation du laboratoire (caractère ASCII)	Code d'émission	Décalage net de porteuse (kHz par rapport à la fréquence centrale)
A	0	−20
B	1	0
C	2	+20
D	3	−40
E	4	+40
F	5	+60
G	6	+80
H	7	−80
Modem ATLANTIS		
Désignation du laboratoire	Code d'émission	Décalage net de porteuse (kHz par rapport à la fréquence centrale)
Local	2 089	0
Distant	3 232	0

2.2 Paramètres de mesure

Le plan de session de mesure rassemblera les informations suivantes:

- identification du satellite: désignation, longitude, paramètres orbitaux, canal de répéteur; caractéristique de non-réciprocité;
- désignations des stations;
- codes d'émission et de réception;
- bilan de liaison;
- fréquences d'émission et de réception des stations terriennes;
- nom de l'opérateur;
- date et heure de début;
- temps de préparation de chaque session (égal au silence entre deux sessions successives);
- durée de chaque session;
- modalités d'échange des fichiers de données générés.

2.3 Paramètres des stations(k) terriennes locales

Chaque station doit conserver sur fichier les informations suivantes:

- coordonnées de l'antenne (x, y, z dans le cadre de référence terrestre IERS);
- indicatif de station terrienne;

- puissance d'émission (p.i.r.e.) (W);
- rapport G/T du récepteur;
- modem: fabricant, modèle, type, numéro de série;
- compteur de l'intervalle de temps: fabricant, type, numéro de série;
- antenne: fabricant, type, diamètre, gain;
- étalonnage temporel: date, méthode employée, résultats obtenus;
- données facultatives: enregistrement, retards émission/réception, rapport C/N_0 , conditions d'utilisation de l'antenne (température, humidité, pression barométrique, conditions météorologiques).

Toute modification des paramètres ou de l'équipement sera signalée.

3 Format des données

3.1 Observations générales

Les conventions et symboles exposés ci-dessous s'appliquent entièrement au format de données décrit au § 3.2 et partiellement au format de données décrit au § 3.3.

LAB: identification du laboratoire (par exemple, selon la convention adoptée par le Bureau international des poids et mesures (BIPM))

jjjjj: jour julien modifié

hh: heure UTC

mm: minute UTC

ss: seconde UTC

L: caractère ASCII désignant le laboratoire local

R: caractère ASCII désignant le laboratoire distant

*: indication du début d'une ligne de texte

S: indication du signe de la valeur qui suit

[]: désignation d'une option

|: désignation d'un choix

0.nnnnnnnnnnnn: valeur d'un intervalle de temps (s) (12 décimales = résolution d'1 ps).

DESIGNATION DU FICHIER DE DONNEES:

Ljjjjjhh.mmR

où jjjjj, hh, mm donnent la date NOMINALE de début de la session TWSTFT.

EN-TETE:

* Ljjjjjhh.mmR

* UTC (LAB) – HORLOGE = S0.nnnnnnnnnnnn [jjjjj hhmmss]

* HORLOGE – 1PPSREF = S0.nnnnnnnnnnnn [jjjjj hhmmss]

* 1PPSREF – 1PPSTX = S0.nnnnnnnnnnnn [jjjjj hhmmss]

* Tous les autres paramètres sont de forme: PARAMÈTRE □ Valeur [unités] [jjjjj hhmmss]

* DONNEES = [1PPSTX – 1PPSRX] | [1PPSREF – 1PPSRX] | [..]

où jjjjj, hhmmss donnent en option la date à laquelle la valeur indiquée a été observée.

3.2 Rapports de mesures individuelles de tops de secondes

3.2.1 Type 1 – Mesures individuelles

FORMAT DU FICHER DE DONNEES:

L'EN-TETE est immédiatement suivi des DONNEES.

DONNEES:

```
jjjjj hhmmss 0.nnnnnnnnnnnn
jjjjj hhmmss 0.nnnnnnnnnnnn
:      :      :
jjjjj hhmmss 0.nnnnnnnnnnnn
```

où jjjjj, hhmmss donnent la date à laquelle les données ont été obtenues.

EXEMPLE:

Fichier A4926610.56B (données mesurées au niveau de la station A lors d'une session TWSTFT avec la station B sur MJD 49266, programmée pour 1056 h UTC):

```
*      A4926610.56B
*      UTC (LAB A) – HORLOGE = -0.000000123456 49266 101000
*      HORLOGE – 1PPSREF = 0.000000012345
*      1PPSREF – 1PPSTX   = +0.000000001234 49266 102059
*      DONNEES = 1PPSTX – 1PPSRX
49266 105616 0.270924666406
49266 105617 0.270924663805
49266 105618 0.270924660170
49266 105619 0.270924657628
49266 105620 0.270924654270
49266 105621 0.270924651106
```

3.2.2 Type 2 – Mesures combinées

Néant.

3.3 Format du fichier contenant les résultats d'un lissage quadratique

3.3.1 Remarques générales

Ce format a pour objet de réduire la quantité de données à échanger et de donner la possibilité de signaler dans un seul fichier les données de poursuite d'un même laboratoire, associant différentes stations partenaires et différentes liaisons par satellite. Les données de plus d'un seul jour peuvent être signalées dans un même fichier. Ce format permet de calculer facilement les décalages d'horloges, au moyen des informations contenues dans les lignes d'en-tête et de données, sans qu'il soit nécessaire de connaître chaque configuration de mesure dans les laboratoires participants.

Il existe deux sortes de lignes:

- les lignes dont la première colonne contient un astérisque (en-tête de fichier, en-tête de ligne de données);
- les lignes dont la première colonne ne contient pas d'astérisque (lignes de données).

Dans la description du format, les caractères gras sont des mots clés à certaines positions et les caractères italiques doivent être remplacés, selon le cas, par des chaînes ou des valeurs réelles. Les chaînes entre crochets sont facultatives et, chaque fois que des données doivent être précédées d'un signe, celui-ci est indiqué par «+». Toute donnée manquante doit être remplacée par une série de 9 (avec possibilité de signe).

LO	Longitude en coordonnées géodésiques, avec remplacement de la lettre <i>D</i> par W (ouest) ou E (est).
HT	Hauteur (m).

Chaque ligne décrit une seule station, mais on peut utiliser autant de lignes ES que nécessaire.

REF-FRAME Désignation du cadre de référence des coordonnées bidirectionnelles d'antenne (sur autant de colonnes que nécessaire),

LINK Les lignes de la rubrique LINK caractérisent les liaisons par satellite:

LL	Identification de la liaison contenue dans chaque ligne de données (en-tête de ligne: LI, voir le § 3.3.4), qui pointe sur une ligne LINK spécifique de l'en-tête du fichier.
SAT	Identification du satellite conformément à la désignation de l'agence ou de l'organisation spatiale internationale exploitant le satellite.
NLO	Longitude nominale du satellite, en remplaçant <i>D</i> par W (ouest) ou E (est).
XPNDR	Temps de propagation différentiel du répéteur (ns) (temps de la station locale jusqu'à la station distante moins temps de la station distante à la station locale).
SAT-NTX	Fréquence nominale d'émission du satellite (MHz). Cette fréquence correspond à la fréquence de réception de la station terrienne locale.
SAT-NRX	Fréquence nominale de réception du satellite (MHz). Cette fréquence correspond à la fréquence d'émission de la station terrienne locale.

Chaque liaison est décrite par deux lignes, mais l'on peut utiliser autant de paires de lignes LINK que nécessaire.

CAL Les lignes CAL indiquent le type d'étalonnage, le jour julien modifié et l'incertitude d'étalonnage estimée:

CCC Identification de l'étalonnage, contenue dans chaque ligne de données (en-tête de ligne: CI, voir le § 3.3.4), qui pointe sur une ligne CAL spécifique de l'en-tête du fichier.

TYPE Type de la technique utilisée pour une liaison donnée, caractérisé par un des mots clés suivants:

PORT ES REL	Station terrienne portative, utilisée en mode relatif.
PORT ES ABS	Station terrienne portative, utilisée en mode absolu.
PORT SS REL	Simulateur de satellite portatif, utilisé en mode relatif.
PORT SS ABS	Simulateur de satellite portatif, utilisé en mode absolu.

L'étalonnage peut être effectué par un système indépendant de transfert de signaux horaires, par exemple:

GPS	Système mondial de localisation.
PORT CLOCK	Horloge portative.

Différents types d'étalonnage peuvent être utilisés pour la même liaison, ce qui donne des lignes de données différentes.

MJD Jour julien modifié de l'étalonnage.

EST.UNCERT Incertitude estimée de l'étalonnage.

Chaque étalonnage est décrit par une seule ligne, mais l'on peut utiliser autant de lignes CAL que nécessaire.

LOC-MON Utiliser YES ou NO selon qu'un système de surveillance du temps de propagation de station terrienne locale est ou non disponible.

MODEM Type et numéro de série du modem utilisé. Tous les modems utilisés pendant la période de validité du fichier doivent être signalés.

On peut utiliser autant de lignes et de colonnes que nécessaire.

COMMENTS Lignes de commentaire, aussi nombreuses que nécessaires.

La dernière ligne de l'en-tête du fichier contient seulement un astérisque en colonne 1.

3.3.4 Lignes de données

3.3.4.1 Type 1 – Mesures individuelles

Pour le format d'une ligne de données, voir l'Appendice 1 à l'Annexe 2.

EARTH-STAT Désignation de la station terrienne locale (LOC) et de la station terrienne distante (REM), sous la forme de l'acronyme du laboratoire correspondant (jusqu'à quatre caractères) et d'un numéro d'identification de station (deux chiffres). Par exemple: TUG01.

LI Identification de la liaison sous la forme d'un pointeur sur l'en-tête de fichier donnant des informations sur une liaison par satellite spécifique.

L'assignation des identifications de liaison doit être coordonnée au niveau international, par exemple par le Groupe de travail sur le transfert bidirectionnel par satellite de signaux horaires et de fréquences étalon du Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF) (voir les exemples donnés au § 3.3.6.1).

MJD STTIME Date et heure nominales de début (MJD et heure (h, min, s) par rapport au temps UTC).

NTL Durée nominale des poursuites (s) (date nominale du dernier échantillon moins date nominale du premier échantillon).

TW Résultat (s) d'un lissage quadratique des données d'une même poursuite, calculé pour la date nominale de début indiquée, plus la moitié de la durée nominale de la poursuite, arrondie aux secondes.

DRMS Valeur quadratique moyenne des valeurs résiduelles du lissage quadratique (ns).

SMP Nombre d'échantillons utilisés dans le lissage quadratique.

ATL Durée réelle d'une poursuite (s) (date du dernier échantillon moins date du premier échantillon du lissage quadratique).

REFDELAY Temps de propagation de la référence par rapport au temps UTC(LAB) (s). Le calcul de ce terme dépend de la configuration de mesure adoptée dans chaque laboratoire. Pour la configuration de mesure habituellement utilisée (où PPSTX lance des mesures bidirectionnelles), le temps de propagation de référence est la somme (UTC(LAB)-CLOCK) + (CLOCK-REF) + (REF-PPSTX).

RSIG Ecart-type de la moyenne du terme REFDELAY (ns).

CI Identification de l'étalonnage sous la forme d'un pointeur sur l'en-tête de fichier qui donne des renseignements sur le type d'étalonnage, le jour julien modifié et l'incertitude estimée de l'étalonnage.

L'assignation d'une identification d'étalonnage doit être coordonnée sur une base internationale (par exemple par le Groupe de travail sur le transfert bidirectionnel par satellite de signaux horaires et de fréquences étalon du CCTF) pour les laboratoires engagés dans une campagne d'étalonnage spécifique. L'utilisation d'un système indépendant de transfert de signaux horaires (comme le GPS) ne permet que les étalonnages entre deux laboratoires appariés. Les identifications d'étalonnage doivent donc être assignées pour des laboratoires appariés (voir les exemples du § 3.3.6.1).

S Commutateur d'étalonnage (valeur «0» ou «1») qui indique les termes de l'équation bidirectionnelle qui sont inclus dans le résultat d'étalonnage CALR ainsi que l'équation qui doit donc être utilisée pour le calcul des décalages d'horloge (voir le § 3.3.5.1).

S = 0 Le résultat d'étalonnage CALR donne la différence entre le temps différentiel de la station terrienne (partie émission moins partie réception) du laboratoire et le temps différentiel de la station terrienne du système d'étalonnage (cositionnement de stations terriennes, simulateur de satellite).

S = 1 Le résultat d'étalonnage CALR comprend tous les termes de l'équation bidirectionnelle, à l'exception, respectivement, des mesures de transfert de signaux horaires TW et des mesures de référence REFDELAY des stations locale et distante. C'est le cas si l'on utilise un système indépendant de transfert de signaux horaires tel que le GPS.

CALR Résultat d'étalonnage (ns).

ESDVAR Variations (ns), du temps de propagation différentiel surveillé de la station terrienne (par rapport au temps de propagation différentiel de la station terrienne observé à l'instant de l'étalonnage, si celui-ci est effectué). Toutes les variations du temps de propagation dans la station terrienne et dans le modem doivent être incluses dans ce terme.

ESIG Ecart-type de la moyenne du terme ESDVAR (ns).

TMP Température extérieure (°C).

HUM Humidité relative extérieure (%).

PRES Pression atmosphérique (hPa).

3.3.4.2 Type 2 – Mesures combinées

Concernant le format d'une ligne de données, voir l'Appendice 3 à l'Annexe 2.

EARTH-STAT Désignation de la station terrienne locale (LOC) et de la station terrienne distante (REM), sous la forme de l'acronyme du laboratoire correspondant (jusqu'à quatre caractères) et d'un numéro d'identification de station (deux chiffres), par exemple CRL01.

LI Identification de la liaison sous la forme d'un pointeur sur l'en-tête de fichier donnant des informations sur une liaison par satellite spécifique.

L'assignation des identifications de liaison doit être coordonnée au niveau international, par exemple par le Groupe de travail sur le transfert bidirectionnel par satellite de signaux horaires et de fréquences étalon du Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF) (voir les exemples donnés au § 3.3.6.2).

MJD STTIME	Date et heure nominales de début (MJD et heure (h, min, s) par rapport au temps UTC).
NTL	Durée nominale des poursuites (s) (date nominale du dernier échantillon moins date nominale du premier échantillon).
ESm-ESn	Résultat (s) d'un lissage quadratique et du retard interne propre au modem (ns).
DRMS	Valeur quadratique moyenne des valeurs résiduelles du lissage quadratique (ns).
SAGNAC	Effet Sagnac (ns).
UTCm-ESm	Intervalle de temps entre le point de référence UTC(m) et le point d'entrée de l'impulsion seconde (repère seconde) du modem (ns).
UTCn-ESn	Intervalle de temps entre le point de référence UTC(n) et le point d'entrée de l'impulsion seconde (repère seconde) du modem (ns).
CI	<p>Identification de l'étalonnage sous la forme d'un pointeur sur l'en-tête de fichier qui donne des renseignements sur le type d'étalonnage, le jour julien modifié et l'incertitude estimée de l'étalonnage.</p> <p>L'assignation d'une identification d'étalonnage doit être coordonnée au niveau international (par exemple par le Groupe de travail sur le transfert bidirectionnel par satellite de signaux horaires et de fréquences étalon du CCTF) pour les laboratoires engagés dans une campagne d'étalonnage spécifique. L'utilisation d'un système indépendant de transfert de signaux horaires (comme le GPS) ne permet que les étalonnages entre deux laboratoires appariés. Les identifications d'étalonnage doivent donc être assignées pour des laboratoires appariés (voir les exemples du § 3.3.6.2).</p>
S	<p>Commutateur d'étalonnage (valeur «0» ou «1») qui indique les termes de l'équation bidirectionnelle qui sont inclus dans le résultat d'étalonnage CALR ainsi que l'équation qui doit donc être utilisée pour le calcul des décalages d'horloge (voir le § 3.3.5.2).</p> <p>S = 0 Le résultat d'étalonnage CALR donne la différence entre le temps différentiel de la station terrienne (partie émission moins partie réception) du laboratoire et le temps différentiel de la station terrienne du système d'étalonnage (cositionnement de stations terriennes, simulateur de satellite).</p> <p>S = 1 Le résultat d'étalonnage CALR comprend tous les termes de l'équation bidirectionnelle, à l'exception, respectivement, des mesures du transfert de signaux horaires TW et de mesures de référence REFDELAY des stations locale et distante. C'est le cas si l'on utilise un système indépendant de transfert de signaux horaires tel le GPS.</p>
CALR	Résultat d'étalonnage (ns).
TMPm	Température extérieure au niveau de la station m (°C).
HUMm	Humidité relative extérieure au niveau de la station m (%).
PRESm	Pression atmosphérique au niveau de la station m (hPa).
TMPn	Température extérieure au niveau de la station n (°C).
HUMn	Humidité relative extérieure au niveau de la station n (%).
PRESn	Pression atmosphérique au niveau de la station n (hPa).

3.3.5 Calcul des décalages d'horloge

3.3.5.1 Type 1 – Mesures individuelles

$S = 0: \text{UTC}(\text{LAB}_1) - \text{UTC}(\text{LAB}_2) = +0,5(\text{TW}_1 + \text{ESDVAR}_1) + \text{REFDELAY}_1$	Ligne de données du lab. 1
$-0,5(\text{TW}_2 + \text{ESDVAR}_2) + \text{REFDELAY}_2$	Ligne de données du lab. 2
$+0,5 \text{ EARTH ROT. CORR.}$	Lignes d'en-tête des lab. 1 et 2
$+0,5 \text{ IONOSPHERIC CORR.}$	Lignes d'en-tête des lab. 1 et 2
$+0,5 \text{ CALR}_1$	Ligne de données du lab. 1
$-0,5 \text{ CALR}_2$	Ligne de données du lab. 2
$+0,5 \text{ XPNDR}$	Ligne d'en-tête du lab. 1
$S = 1: \text{UTC}(\text{LAB}_1) - \text{UTC}(\text{LAB}_2) = +0,5(\text{TW}_1 + \text{ESDVAR}_1) + \text{REFDELAY}_1$	Ligne de données du lab. 1
$-0,5(\text{TW}_2 + \text{ESDVAR}_2) - \text{REFDELAY}_2$	Ligne de données du lab. 2
$+ \text{CALR}$	Ligne de données du lab. 1

La connaissance des positions des stations terriennes et du satellite permet de calculer le terme EARTH ROT. CORR. (effet Sagnac) et la connaissance du terme TEC et des fréquences d'émission et de réception permet de calculer le terme IONOSPHERIC CORR.

3.3.5.2 Type 2 – Mesures combinées

$$\begin{aligned}
 S = 0: \text{UTC}(\text{LAB}_m) - \text{UTC}(\text{LAB}_n) &= \text{ES}_m - \text{ES}_n + \text{REFDELAY}_1 \\
 &- \text{REFDELAY}_2 \\
 &+ \text{SAGNAC EFFECT} \\
 &+ \text{IONOSPHERIC CORR.} \\
 &+ \text{CALR}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S = 1: \text{UTC}(\text{LAB}_m) - \text{UTC}(\text{LAB}_n) &= \text{ES}_m - \text{ES}_n + \text{REFDELAY}_1 \\
 &- \text{REFDELAY}_2 \\
 &+ \text{CALR}
 \end{aligned}$$

La connaissance des positions des stations terriennes et du satellite permet de calculer le terme SAGNAC EFFECT et la connaissance du terme TEC et des fréquences d'émission et de réception permet de calculer le terme IONOSPHERIC CORR.

3.3.6 Exemples

3.3.6.1 Type 1 – Mesures individuelles

(Voir l'Appendice 2 à l'Annexe 2.)

3.3.6.2 Type 2 – Mesures combinées

(Voir l'Appendice 4 à l'Annexe 2.)

Appendice 1

à l'Annexe 2

1 Ligne de données

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3							
123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890																			
* EARTH-STAT	LI	MJD	STTIME	NTL		TW	DRMS	SMP	ATL	REFDELAY	RSIG	CI	S	CALR	ESDVAR	ESIG	TMP	HUM	PRES
* LOC	REM		hhmmss	s		s	ns		s	s	ns			ns	ns	ns	degC	%	mbar
LLLLnn	LLLLnn	LL	MMMM	hhmmss	nnn	•0,nnnnnnnnnnnn	n,nnn	nnn	nnn	•0,nnnnnnnnnnnn	n,nnn	CCC	i	•nnnn,nnn	•nnnn,nnn	n,nnn	•nn	nnn	nnnn

Appendice 2

à l'Annexe 2

Exemples

Ces exemples contiennent des données réelles et fictives (en particulier pour l'étalonnage).

1 Fichiers de données

```
* TWUSNO49.933
* FORMAT      01
* LAB         USNO
* REV DATE    1995-07-10
* ES USNO01 LA: N  38 55 00.000      LO: W  77 04 00.000      HT:      51.30 m
* REF-FRAME   WGS84
* LINK        04 SAT: IS706          NLO: W  53 00 00.000  XPNDR: 99999.999 ns
*              SAT-NTX: 11922.3750 MHz SAT-NRX: 14221.6275 MHz
* CAL         002 TYPE: GPS          MJD: 49639   EST. UNCERT.:      5.000 ns
* CAL         003 TYPE: GPS          MJD: 49649   EST. UNCERT.:      5.000 ns
* LOC-MON     NO
* MODEM       MITREX 2500A
*
```

* EARTH-STAT	LI	MJD	STTIME	NTL	TW	DRMS	SMP	ATL	REFDELAY	RSIG	CI	S	CALR	ESDVAR	ESIG	TMP	HUM	PRES	
* LOC	REM		hhmmss	s	s	ns		s	s	ns			ns	ns	ns	degC	%	mbar	
USNO01	TUG01	04	49933	140200	299	0.263265762933	1.529	300	299	0.000001334100	9.999	002	1	296.350	99999.999	9.999	32	63	994
USNO01	NPL01	04	49933	141000	299	0.260419315503	0.613	300	299	0.000001334200	9.999	999	0	99999.999	99999.999	9.999	32	63	994
USNO01	VSL01	04	49933	141800	299	0.261451406897	0.387	300	299	0.000001334200	9.999	999	0	99999.999	99999.999	9.999	32	63	994
USNO01	PTB01	04	49933	143400	299	0.262748501558	1.822	233	232	0.000001334240	9.999	003	1	449.500	99999.999	9.999	32	63	994

```

* TWTUG49.933
* FORMAT      01
* LAB         TUG
* REV DATE    1995-07-10
* ES TUG01 LA: N 47 04 01.578      LO: E 15 29 36.570      HT: 538.14 m
* REF-FRAME    ITRF88
* LINK        03 SAT: IS706          NLO: W 53 00 00.000      XPNDR: 0.000 ns
*              SAT-NTX: 12549.7475 MHz SAT-NRX: 14044.7475 MHz
* LINK        04 SAT: IS706          NLO: W 53 00 00.000      XPNDR: 99999.999 ns
*              SAT-NTX: 12726.6275 MHz SAT-NRX: 14217.3750 MHz
* CAL         001 TYPE: PORT ES REL   MJD: 49640      EST. UNCERT.: 5.000 ns
* CAL         002 TYPE: GPS           MJD: 49639      EST. UNCERT.: 5.000 ns
* LOC-MON     YES
* MODEM       MITREX 2500, SN1194
* COMMENTS    Depuis 1995-07-10, on utilise un nouveau satellite (à la même position que l'ancien).

```

* EARTH-STAT	LI	MJD	STTIME	NTL	TW	DRMS	SMP	ATL	REFDELAY	RSIG	CI	S	CALR	ESDVAR	ESIG	TMP	HUM	PRES	
* LOC	REM		hhmmss	s	s	ns		s	s	ns			ns	ns	ns	degC	%	mbar	
TUG01	TUG01	03	49933	100000	299	0.273757169304	0.612	300	299	0.000000237687	0.003	001	0	-720.000	0.689	0.123	26	42	957
TUG01	NPL01	03	49933	100600	299	0.270911455763	0.328	300	299	0.000000237687	0.003	001	0	-720.000	0.689	0.123	26	42	957
TUG01	PTB01	03	49933	101200	299	0.273242494495	0.458	300	299	0.000000237687	0.003	001	0	-720.000	0.689	0.123	26	42	957
TUG01	FTZ01	03	49933	101800	299	0.272511114690	0.416	300	299	0.000000237687	0.003	001	0	-720.000	0.689	0.123	26	42	957
TUG01	OCA01	03	49933	103000	299	0.271282560840	0.969	300	299	0.000000237687	0.003	001	0	-720.000	0.689	0.123	26	42	957
TUG01	USNO01	04	49933	140200	299	0.263269499027	0.475	300	299	0.000000237694	0.003	002	1	-296.350	-3.280	0.236	27	38	955
TUG01	NIST01	04	49933	141000	299	0.268868858338	0.405	300	299	0.000000237693	0.003	999	0	99999.999	-3.280	0.236	27	38	955

```

* TWPTB49.933
* FORMAT      01
* LAB         PTB
* REV DATE    1995-07-10
* ES PTB01 LA: N 52 17 49.787      LO: E 10 27 37.966      HT: 143.406m
* REF-FRAME    WGS84
* LINK        03 SAT: IS706          NLO: W 53 00 00.000      XPNDR: 0.000 ns
*              SAT-NTX: 12549.7475 MHz SAT-NRX: 14044.7475 MHz
* LINK        04 SAT: IS706          NLO: W 53 00 00.000      XPNDR: 99999.999 ns
*              SAT-NTX: 12726.6275 MHz SAT-NRX: 14217.3750 MHz
* CAL         001 TYPE: PORT ES REL   MJD: 49632      EST. UNCERT.: 3.000 ns
* CAL         003 TYPE: GPS           MJD: 49649      EST. UNCERT.: 5.000 ns
* LOC-MON     NO
* MODEM       MITREX 2500A

```

* EARTH-STAT	LI	MJD	STTIME	NTL	TW	DRMS	SMP	ATL	REFDELAY	RSIG	CI	S	CALR	ESDVAR	ESIG	TMP	HUM	PRES
* LOC	REM		hhmmss	s	s	ns		s	s	ns			ns	ns	ns	degC	%	mbar
PTB01	PTB01	03	49933	100000	299	0.272722644071	0.614	300	299	0.000000802678	9.999	001	0	-1052.000	99999.999	9.999	999	999
PTB01	OCA01	03	49933	100600	299	0.270763375457	1.175	300	299	0.000000802678	9.999	001	0	-1052.000	99999.999	9.999	999	999
PTB01	TUG01	03	49933	101200	299	0.273236013639	0.954	300	299	0.000000802678	9.999	001	0	-1052.000	99999.999	9.999	999	999
PTB01	NPL01	03	49933	101800	299	0.270390245192	0.379	300	299	0.000000802678	9.999	001	0	-1052.000	99999.999	9.999	999	999
PTB01	USNO01	04	49933	143400	299	0.262745748275	0.621	300	299	0.000000805499	9.999	003	1	-449.500	99999.999	9.999	999	999
PTB01	NIST01	04	49933	144200	299	0.268345111620	0.515	300	299	0.000000805499	9.999	999	0	99999.999	99999.999	9.999	999	999

2 Calcul de décalages d'horloge

UTC(TUG)-UTC(PTB): MJD 49933, 10:12:00 UTC, CI 001, LI 03

UTC(TUG)-UTC(PTB)= + 0.5(0.273242494495 + 0.689E-9) + 0.000000237687
- 0.5(0.273236013639 + 0) - 0.000000802678
+ 0.5(-37.4E-9)
+ 0
+ 0.5(-720.000E-9)
- 0.5(-1052.000E-9)
+ 0.5(0.000E-9)

UTC(TUG)-UTC(PTB)= +2823.1 ns on MJD 49933 at 10:14:30 UTC

UTC(PTB)-UTC(USNO): MJD 49933, 14:34:00 UTC, CI 003, LI 04

UTC(PTB)-UTC(USNO)= + 0.5(.262745748275 + 0) + 0.000000805499
- 0.5(.262748501558 + 0) - 0.000001334240
+ (-449.500E-9)

UTC(PTB)-UTC(USNO)= -2354.9 ns on MJD 49933 at 14:36:30 UTC

UTC(USNO)-UTC(TUG)= -473.7 ns on MJD 49933 at 14:04:30 UTC

3 Identification et description des liaisons par satellite

LI	LINK	SAT	dd	NLO mm	ss	XPNDR DELAY (ns)	SAT-NTX (MHz)	SAT-NRX (MHz)	Remarques
01	EU-EU	IS513	53	00	00 W	0,000	12 543,4025	14 038,4025	
02	EU-USA	IS513	53	00	00 W	448,000	12 644,8275	14 139,8275	Pour les stations terriennes européennes
		IS513	53	00	00 W	−448,000	11 844,8275	14 139,8275	Pour les stations terriennes des Etats-Unis d'Amérique
03	EU-EU	IS706	53	00	00 W	0,000	12 549,7475	14 044,7475	
04	EU-USA	IS706	53	00	00 W	9 999,999	12 726,6275	14 217,3750	Pour les stations terriennes européennes
		IS706	53	00	00 W	9 999,999	11 922,3750	14 221,6275	Pour les stations terriennes des Etats-Unis d'Amérique

4 Identification et description des étalonnages effectués

CI	TYPE	MJD	CALR (ns)	EST. UNCERT. (ns)	Remarques
001	PORT ES REL				Contrôle de stations terriennes portatives (USNOxx) en octobre 1994 chez OCA, LPTF, NPL, VSL, PTB, FTZ, TUG, USNO, NIST
		49632	−1 052,000	3,000	PTB01
		49640	−720,000	5,000	TUG01
002	GPS	49639	−296,350	5,000	Etalonnage de la liaison TUG01-IS706-USNO01 au moyen du système indépendant de transfert de signaux horaires GPS (calculé sur la base de données GPS signalées)
003	GPS	49649	−449,500	5,000	Etalonnage de la liaison PTB01-IS706-USNO01 au moyen du système indépendant de transfert de signaux horaires GPS (calculé sur la base de données GPS signalées)


```

* LINK 12      SAT: PAS-8      NLO: E 166 0 0.000      XPNDR: 999999999 ns
*              SAT-NTX1: 12400.0000 MHz SAT-NRX1:14246.0000 MHz (for CRL)
*              SAT-NTX2: 12496.0000 MHz SAT-NRX2:14150.0000 MHz (for AUS)
* CALR 205     TYPE: CIRCULAR T      MJD: 52489 EST. UNCERT.: 10.000 ns
* LOC-MON1     NO
* LOC-MON2     NO
* MODEM        ATLANTIS
*
* LINK 10      SAT: JCSAT-1B      NLO: E 150 0 0.000      XPNDR: 999999999 ns
*              SAT-NTX1:12306.0000 MHz SAT-NRX1:14054.0000 MHz (for CRL)
*              SAT-NTX2:12306.0000 MHz SAT-NRX2:14054.0000 MHz (for NMIJ)
* CALR 202     TYPE: CIRCULAR T      MJD: 52194 EST. UNCERT.: 10.000 ns
* LOC-MON1     NO
* LOC-MON2     NO
* MODEM        ATLANTIS
*
* LINK 10      SAT: JCSAT-1B      NLO: E 150 0 0.000      XPNDR: 999999999 ns
*              SAT-NTX1:12306.0000 MHz SAT-NRX1:14054.0000 MHz (for CRL)
*              SAT-NTX2:12306.0000 MHz SAT-NRX2:14054.0000 MHz (for NTSC)
* CALR 203     TYPE: CIRCULAR T      MJD: 52194 EST. UNCERT.: 10.000 ns
* LOC-MON1     NO
* LOC-MON2     NO
* MODEM        ATLANTIS
*
* LINK 10      SAT: JCSAT-1B      NLO: E 150 0 0.000      XPNDR: 999999999 ns
*              SAT-NTX1:12306.0000 MHz SAT-NRX1:14054.0000 MHz (for CRL)
*              SAT-NTX2:12306.0000 MHz SAT-NRX2:14054.0000 MHz (for TL)
* CALR 204     TYPE: CIRCULAR T      MJD: 52194 EST. UNCERT.: 10.000 ns
* LOC-MON1     NO
* LOC-MON2     NO
* MODEM        ATLANTIS
*
* EARTH-STAT   LI      MJD      STTIME  NTL  ESm-ESn DRMS SAGNAC  UTCm-ESm UTCn-ESn CI  S  CALR  TMPm HUMm PRESm TMPn HUMn PRESn
* LOC REM      hhmmss  s      ns      ns      ns      ns      ns      ns      ns      ns
CRL03 AUS01    12 52530 005600 295-285.86 0.13 43.86 303.05 78.45 205 1 -4.857 99.9 999 9999 99.9 999 9999
CRL03 AUS01    12 52530 010300 294-285.85 0.13 43.86 303.05 78.45 205 1 -4.857 99.9 999 9999 99.9 999 9999
CRL01 NMIJ01   10 52530 012600 291-34.50 0.13 2.12 303.05 41.40 202 1 96.333 99.9 999 9999 99.9 999 9999
CRL01 NMIJ01   10 52530 013300 294-30.64 0.16 2.12 303.05 41.40 202 1 96.333 99.9 999 9999 99.9 999 9999
CRL01 NMIJ01   10 52530 014100 128-30.64 0.13 2.12 303.05 41.40 202 1 96.333 99.9 999 9999 99.9 999 9999
CRL01 NTSC01   10 52530 020100 295-331.02 0.34 -85.29 303.05 60.23 203 1 106.571 99.9 999 9999 99.9 999 9999
CRL01 NTSC01   10 52530 021000 294-330.36 0.28 -85.29 303.05 60.23 203 1 106.571 99.9 999 9999 99.9 999 9999
CRL01 NTSC01   10 52530 021800 294-331.90 0.23 -85.29 303.05 60.23 203 1 106.571 99.9 999 9999 99.9 999 9999
CRL01 TL01     10 52530 023700 295-324.56 0.14 -63.07 303.05 4.10 204 1 -1.833 99.9 999 9999 99.9 999 9999
CRL01 TL01     10 52530 024500 294-325.33 0.20 -63.07 303.05 4.10 204 1 -1.833 99.9 999 9999 99.9 999 9999
CRL01 TL01     10 52530 025200 294-325.96 0.33 -63.07 303.05 4.10 204 1 -1.833 99.9 999 9999 99.9 999 9999

```

2 Calcul de décalages d'horloge

UTC(CRL)-UTC(AUS): MJD 52415, 00:54:00 UTC, CI 999, LI 12

UTC(CRL)-UTC(AUS)= -338.96 + 303.05
 - 78.45
 + 43.86
 + 0
 + 0

UTC(CRL)-UTC(AUS)= -70.50 ns on MJD 52415 at 00:56:30 UTC

UTC(CRL)-UTC(NMIJ): MJD 52415, 01:29:00 UTC, CI 202, LI 10

UTC(CRL)-UTC(NMIJ)= -489.28 + 303.05
 - 157.30
 + 96.333

UTC(CRL)-UTC(NMIJ)= -247.197 ns on MJD 52415 at 01:31:30 UTC

3 Identification et description des liaisons par satellite

LI	LINK	SAT	dd	NLO mm	ss	XPNDR DELAY (ns)	SAT-NTX (MHz)	SAT-NRX (MHz)	Remarques
10	AP-AP	JCSAT-1B	150	00	00 E	9 999,999	12 306,000	14 054,000	
12	AP-AUS	PAS-8	166	00	00 E	9 999,999	12 400,000	14 246,000	Pour les stations terriennes de l'Asie du Nord Est
		PAS-8	166	00	00 E	9 999,999	12 496,000	14 150,000	Pour les stations terriennes de l'Australie et des Etats-Unis d'Amérique
13	USA-AUS	PAS-8	166	00	00 E	9 999,999	12 400,000	14 150,000	
14	AP-AP	PAS-8	166	00	00 E	9 999,999	12 496,000	14 246,000	

CI	TYPE	MJD	CALR (ns)	EST. UNCERT. (ns)	Remarques
202	GPS	52194	96,333	10,000	Etalonnage de la liaison CRL01-JCSAT-1B-NMIJ01 au moyen du système indépendant de transfert de signaux horaires GPS (calculé sur la base de données GPS signalées)
203	GPS	52194	106,571	10,000	Etalonnage de la liaison CRL01-JCSAT-1B-NTSC01 au moyen du système indépendant de transfert de signaux horaires GPS (calculé sur la base de données GPS signalées)
204	GPS	52194	-1,833	10,000	Etalonnage de la liaison CRL01-JCSAT-1B-TL01 au moyen du système indépendant de signaux horaires GPS (calculé sur la base de données GPS signalées)
205	GPS	52489	-4,857	10,000	Etalonnage de la liaison CRL02-PAS-8-AUS01 au moyen du système indépendant de transfert de signaux horaires GPS (calculé sur la base de données GPS signalées)