

# Note explicative sur le Bulletin H de l'Observatoire de Paris

15 Juillet 2019

Ce document décrit les données et les informations regroupées dans le Bulletin H, qui est publié mensuellement vers le milieu du mois. Cette notice s'applique à tous les bulletins publiés depuis juillet 2019 (Bulletin H 618 et suivants). Afin de rester en cohérence avec les données publiées dans la *Circulaire T* [1] du Bureau International des Poids et Mesures (BIPM), toutes les incertitudes sont données avec un intervalle de confiance de un écart type ( $k=1$ ).

## Paragraphe 1

Le paragraphe 1 du Bulletin H regroupe des résultats de mesure de temps et de fréquence rapportés à UTC(OP)

Le tableau 1.1 regroupe les écarts de phase  $TA(F) - UTC(OP)$  et  $UTC(OP) - GPSTime$  exprimés en ns, pour chaque jour à 0 h UTC. Les dates de début et de fin des données sont synchrones à celles de la *Circulaire T* éditée pour le même mois par le BIPM et correspondent à un intervalle multiple de 5 jours (MJD finissant par 4 ou 9). La première colonne du tableau fournit la date calendaire correspondant à la date MJD donnée dans la seconde colonne.

- $UTC(OP)$  est la réalisation temps réel pour la France de l'UTC (temps universel coordonné) réalisée à l'Observatoire de Paris. Depuis octobre 2012, cette échelle de temps est réalisée à l'aide d'un maser à hydrogène dont le signal de sortie est piloté en fréquence par les étalons primaires

du LNE-SYRTE, les fontaines atomiques. Un pilotage supplémentaire fin (de l'ordre de quelques  $10^{-16}$ ) est mis à jour chaque mois afin de maintenir UTC(OP) à quelques ns de l'UTC [2].

- Le  $TA(F)$  (temps atomique français) est une échelle de temps calculée à la fin de chaque mois à partir des données d'horloges à jet thermique de césium commerciales de type 5071A fournies par les laboratoires Français. L'échelle de temps exploite de 20 à 30 horloges réparties dans une dizaine de laboratoires (Observatoire de Paris, Observatoire de Besançon, Observatoire de la Côte d'Azur à Caussols près de Nice, Centre National d'Etudes Spatiales à Toulouse, DGA de Rennes, DCNS de Brest, Orange à Lannion, Spectracom Orolia aux Uliss), raccordés par la méthode de vues communes GPS TAIP3. Dans une première étape, un algorithme basé sur la méthode ARIMA [3] effectue une moyenne pondérée des données d'horloges, en fonction de leur stabilité long terme. Dans une seconde étape, l'échelle de temps est pilotée en fréquence grâce aux données des fontaines atomiques du laboratoire [4]. Les écarts  $TA(F) - UTC(OP)$  sont donnés modulo une seconde. L'intitulé de la colonne correspondante rappelle le nombre de secondes d'écart entre les deux échelles de temps, correspondant aux secondes intercalaires. L'incertitude statistique  $u_a$  est de l'ordre de 1 ns à 1 d. L'incertitude systématique  $u_b$  est négligeable dans la mesure où l'échelle de temps est le résultat d'un calcul.
- $UTC(OP) - GPSTime$  représente l'écart de temps entre  $UTC(OP)$  et le temps diffusé par la constellation satellite du GPS (Global Positioning System), tel que mesuré par la station géodésique principale du LNE-SYRTE par la méthode TAIP3. Les valeurs sont données modulo 1 s. L'intitulé de la colonne correspondante indique le nombre de secondes d'écart entre les deux échelles de temps, lié aux secondes intercalaires.  $GPSTime$  est lui même asservi sur l'échelle de temps de l'US Naval Observatory  $UTC(USNO)$ . L'incertitude systématique  $u_b$  sur  $UTC(OP) - GPSTime$  est de l'ordre de 10 ns. L'incertitude statistique  $u_a$  avec la technique TAIP3 est inférieure à 3 ns à 1d.

Le tableau 1.2 rapporte les suivis du signal ALS162 (anciennement France-Inter grandes ondes), signal à 162 kHz issu de l'émetteur d'Allouis (Cher). La première colonne du tableau fournit la date calendaire correspondant à la date MJD donnée dans la seconde colonne.

- La troisième colonne représente l'écart de fréquence relative  $ALS162 - UTC(OP)$  exprimé en  $10^{-13}$  entre la porteuse à 162 kHz et  $UTC(OP)$ , tel que mesuré à l'Observatoire de Paris. Les résultats présentés sont obtenus après filtrage des données tel que lors des baisses du niveau d'émission pendant les maintenances, et après application d'une moyenne glissante sur 5 d. L'incertitude statistique  $u_a$  sur ces mesures est de l'ordre de  $10^{-13}$  à 30 d. L'exatitute de la fréquence de la porteuse est de  $2 \times 10^{-12}$ .
- La quatrième colonne représente l'écart de temps  $1PPSALS162 - UTC(OP)$  exprimé en  $\mu s$ , entre la trame horaire du signal  $ALS162$  et  $UTC(OP)$ , tel que mesuré à l'Observatoire de Paris. Les résultats présentés sont obtenus après interpolation à 0h UTC des mesures horaires effectués sur ce signal. L'incertitude statistique  $u_a$  est de l'ordre de 30  $\mu s$  à 1d. L'incertitude systématique  $u_b$  des mesures 1PPS ALS162-UTC(OP) est de l'ordre de 1 ms.

## Paragraphe 2

Le paragraphe 2 exploite les données publiées par le BIPM sur le mois en cours.

Le tableau 2.1 regroupe les écarts  $UTC - UTC(OP)$  extraits du paragraphe 1 de la *Circulaire T* [1] échantillonnés tous les 5 jours aux MJD se terminant par 4 ou 9, à 0 h UTC. Les écarts  $TAI - TA(F)$  sont accessibles sur le site du BIPM. L'incertitude combinée sur les mesures de  $UTC - UTC(OP)$  est estimée chaque mois par le BIPM. Elle est de l'ordre de 1 à 2 ns. Les différences  $UTC - UTC(OP)$  sont de quelques ns.

Le tableau 2.2 fournit des comparaisons de fréquence exprimées en  $10^{-16}$  par rapport une estimation de la seconde du système international d'unités (SI) évaluée chaque mois par le BIPM [5] sur la période en cours, multiple de 5 d. Cette estimation est calculée à partir des données des étalons primaires et secondaires des pays contributeurs.

- $TAI - SI$  correspond à l'écart de fréquence entre le temps atomique international et l'estimation de seconde du SI. Cette valeur correspond

à l'opposé du paramètre  $d$  publié dans le paragraphe 3 de la *Circulaire T*

- Nous estimons l'écart de fréquence  $UTC(OP) - SI$  à partir de la moyenne des écarts  $UTC - UTC(OP)$  après conversion en fréquence, et du paramètre  $d$  fournis dans la *Circulaire T*. Cet écart est en général de l'ordre que quelques  $10^{-16}$ . L'incertitude fournie combine l'écart type sur les écarts de fréquence relative  $UTC - UTC(OP)$  échantillonnés tous les 5 jours et l'incertitude sur  $d$  fournie par le BIPM. Elle est typiquement inférieure à  $10^{-15}$ .
- Nous estimons également l'écart de fréquence  $TA(F) - SI$  à partir de la moyenne des écarts  $TAI - TA(F)$  après conversion en fréquence, et du paramètre  $d$  fournis par le BIPM. Cet écart est en général de l'ordre de  $10^{-15}$ . L'incertitude fournie combine l'écart type sur les écarts de fréquence relative  $TAI - TA(F)$  échantillonnés tous les 5 jours et l'incertitude sur  $d$  fournie par le BIPM. Elle est typiquement de quelques  $10^{-15}$ .

## Paragraphe 3

Le paragraphe 3 regroupe une liste d'informations générales.

Le paragraphe 3.1 recense les événements intervenus sur l'horloge parlante et rappelle l'exactitude de raccordement en temps permise par le système au travers d'une ligne analogique fixe.

Le paragraphe 3.2 regroupe les incidents observés à l'Observatoire de Paris sur les suivis du signal ALS162. Les interruptions hebdomadaires de maintenance y sont reportées. Tout autre événement y est également indiqué.

Les raccordements GPS effectués par le service, s'appuyant sur des récepteurs multicanaux, les informations sur les satellites GPS ne seront plus indiqués dans le bulletin H. Ces informations restent disponibles sur le site internet de l'USNO [6].

D'autres paragraphes peuvent également être ajoutés, par exemple pour indiquer l'application de seconde intercalaire ou rappeler les dates de changement d'heure saisonnier.

## Contacts

- Le service des Références Nationales de Temps : [rnt.lne-syrte@obspm.fr](mailto:rnt.lne-syrte@obspm.fr)
- Pour des informations plus générales : [info-lne@obspm.fr](mailto:info-lne@obspm.fr)
- Le site internet du service : <https://syrte.obspm.fr/spip/services/ref-temps/>
- Le site internet du SYRTE : <https://syrte.obspm.fr/>

## References

- [1] <http://www.bipm.org/en/bipm-services/timescales/time-ftp/Circular-T.html>
- [2] G. D. Rovera, S. Bize, B. Chupin, J. Guéna, Ph. Laurent, P. Rosenbusch, P. Urich, and M. Abgrall, “UTC(OP) based on LNE-SYRTE atomic fountain primary frequency standards,” *Metrologia*, vol. 53, S81, 2016.
- [3] C. Andreucci, “A new algorithm for the French atomic time scale,” *Metrologia*, vol. 37, p. 1-6, 2000.
- [4] D. Valat, M. Abgrall et P. Urich “Exactitude et stabilité du Temps atomique français TA(F),” *Revue Française de Métrologie*, n° 23, Vol. 2010-3, p. 3-10, 2010.
- [5] [ftp://ftp2.bipm.org/pub/tai/publication/notes/explanatory\\_supplement\\_v0.1.pdf](ftp://ftp2.bipm.org/pub/tai/publication/notes/explanatory_supplement_v0.1.pdf)
- [6] <http://www.usno.navy.mil/USNO/time/gps/gps-timing-data-and-information>