

Evaluation de l'incertitude de datation
pour le chronométrage des pulsars milliseconde
à l'Observatoire radioastronomique de Nançay

Gérard Petit

Juillet 1991

Abstract

Timing observations of millisecond pulsars have been regularly conducted at the Nançay radioastronomy observatory since 1988. To report the observations to the most accurate time scales, the local clock is linked to UTC(OP) by TV measurements. This report evaluates the uncertainty of the dating, and concludes that the present system cannot ensure its continuity in case of a failure lasting several days.

1) Introduction

Les données de chronométrage de pulsars à Nançay sont datées dans une échelle de temps locale, puis rapportées à UTC(OP) par des mesures de synchronisation TV effectuées une fois par jour. On peut ensuite les rapporter à toute autre échelle de temps (TAI, TT(BIPM) ...) en utilisant les documents du BIPM prévus à cet effet. Du 23 mai au 12 juin 1991, le BIPM a prêté à la station de Nançay un récepteur temps GPS (Allen Osborne TTR6) afin d'aider à évaluer l'incertitude de la datation des mesures de chronométrage.

Deux types d'effets sont évalués ici: l'exactitude et la précision de lecture de la liaison TV d'une part, la stabilité de l'horloge de Nançay d'autre part. De cette stabilité sur quelques heures (ou 1 à 2 jours en cas de liaison TV manquante) dépend l'erreur commise en extrapolant la synchronisation depuis l'instant de la liaison TV jusqu'à l'instant d'observation.

2) Exactitude et précision de lecture de la liaison TV

Les données GPS enregistrées à OP et Nançay correspondant à des vues simultanées ont été différenciées puis filtrées (filtrage de Vondrak, fréquence de coupure de l'ordre de 1 jour). Le RMS des résidus (observé - filtré) est de l'ordre de 6.5 ns, ce qui est assez important pour une liaison de 200 km et est certainement dû à une incertitude de l'ordre de 2 m sur les coordonnées relatives des antennes.

Les valeurs filtrées ont été interpolées pour obtenir l'estimation GPS de UTC(OP)-UTC(NANÇAY) à l'instant de la liaison TV. Les différences entre chacune des deux estimations TV et l'estimation GPS de UTC(OP)-UTC(NANÇAY) sont portées figure 1. On constate que la précision de lecture de la liaison TV est de l'ordre de 15 ns pour les 18 jours considérés (Estimation a priori de 20 à 30 ns, G. Fréon). Toutefois on a constaté un biais des liaisons TV de l'ordre de 150 ns (cf lettre de G. Fréon du 18/6/91) depuis la comparaison GPS de 1988. Il semble que ces biais soient dus à des changements dans la calibration de la liaison TV qu'il a été impossible de détecter, soit parce qu'ils sont du même ordre de grandeur que la précision de lecture et le bruit de l'horloge, soit parce qu'ils sont intervenus pendant des périodes de plusieurs jours d'interruption de la liaison.

3) Stabilité de l'horloge de Nançay

La figure 2 représente toutes les mesures GPS de UTC(OP)-UTC(NANÇAY), après soustraction d'une parabole moyenne. On constate nettement une variation diurne d'une amplitude crête à crête de l'ordre de 30 ns, qu'il est peu plausible d'attribuer aux coordonnées (il faudrait une erreur de l'ordre de 5 m et une configuration des observations très particulière). On peut donc raisonnablement penser qu'elle a son origine dans l'horloge de Nançay.

La figure 3 représente la variance d'Allan de la liaison, calculée à partir des mesures brutes, en considérant qu'elles sont régulièrement espacées de 0.0265 jour (hypothèse assez raisonnable vu la densité du programme d'observations). On identifie le bruit de mesure GPS pour les temps de moyennage inférieurs à un jour (bruit blanc de phase à un niveau de 6 ns), un pic à 0.5 jour, conséquence de la variation diurne, et le bruit blanc de fréquence de l'horloge de Nançay (celui de UTC(OP) étant notoirement inférieur) à partir de 1 jour. Le niveau du bruit blanc de fréquence de l'horloge de Nançay peut être estimé à $4 \cdot 10^{-13}$ pour 1 jour, ce qui correspond à une marche aléatoire de la phase, c'est à dire de UTC(NANÇAY), de l'ordre de 35 ns pendant un jour (25 ns en 12 heures).

4) Conséquences pour la datation des observations à Nançay

4.1) Exactitude et précision de lecture de la liaison TV

La précision de lecture est tout à fait satisfaisante pour le chronométrage de pulsars, de même que l'exactitude, tant que des sauts supérieurs à quelques dizaines de ns n'interviennent pas, ce qui semble le cas quand la liaison TV est continue. Comme la liaison est continue depuis le 26 juin 1989 (Cf lettre G. Fréon) et qu'on a constaté au 24 mai 1991 qu'elle était biaisée de 150 ns, la solution la plus raisonnable semble être de corriger la liaison pour la période du 26 juin 1989 au 24 mai 1991. On est évidemment dans l'incertitude pour les observations précédant juin 89.

4.2) Stabilité de l'horloge de Nançay

Indépendamment de l'erreur due à la liaison, l'erreur de datation (1σ) due à l'instabilité de l'horloge devrait être de l'ordre de 30 ns pour un temps d'extrapolation de 12 heures, 40 ns pour 1 jour (une liaison manquante), 50 ns pour 1.5 jour (deux liaisons manquantes). Ces valeurs incorporent le bruit blanc de fréquence de l'horloge et la variation diurne. Si on ne considère que le bruit blanc de fréquence afin d'évaluer la capacité du système à identifier des sauts dans la liaison (qui a lieu à heure fixe), on trouve 35 ns pour 1 jour, 50 ns pour 2 jours (une liaison manquante), 60 ns pour 3 jours (deux liaisons manquantes). Ainsi un saut de cet ordre de grandeur dans la liaison TV ne pourra pas être identifié de manière certaine.

En conclusion on peut dire que le problème des trous de plusieurs jours dans la liaison TV rend très souhaitable la présence d'un récepteur temps GPS à Nançay. La solution d'une horloge très stable assortie du transport d'un récepteur GPS pour comparaison dans chaque cas douteux est plus incertaine.

Légende des figures

Figure 1: Différences entre les estimations TV du lien horaire UTC(OP)-Nançay et l'estimation GPS par la méthode des vues simultanées. Les mesures GPS ont été filtrées et les valeurs filtrées interpolées à l'heure des mesures TV.

Figure 2: Valeurs du lien UTC(OP)-Nançay pour toutes les mesures GPS (après soustraction d'une parabole moyenne).

Figure 3: Racine carrée de la variance d'Allan du lien UTC(OP)-Nançay. Les mesures ont été supposées espacées régulièrement de 0.0265 jour.

figure 1

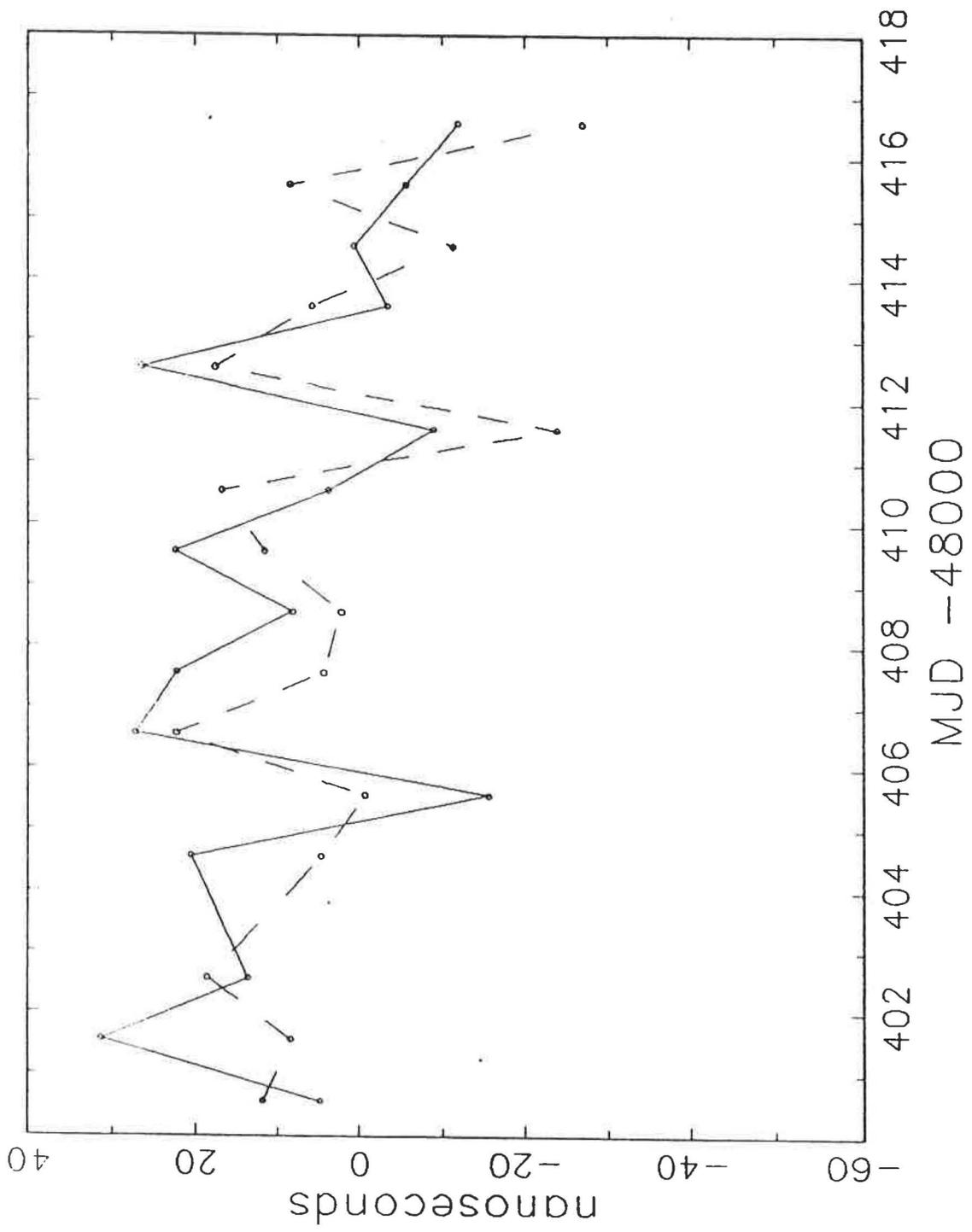


figure 2

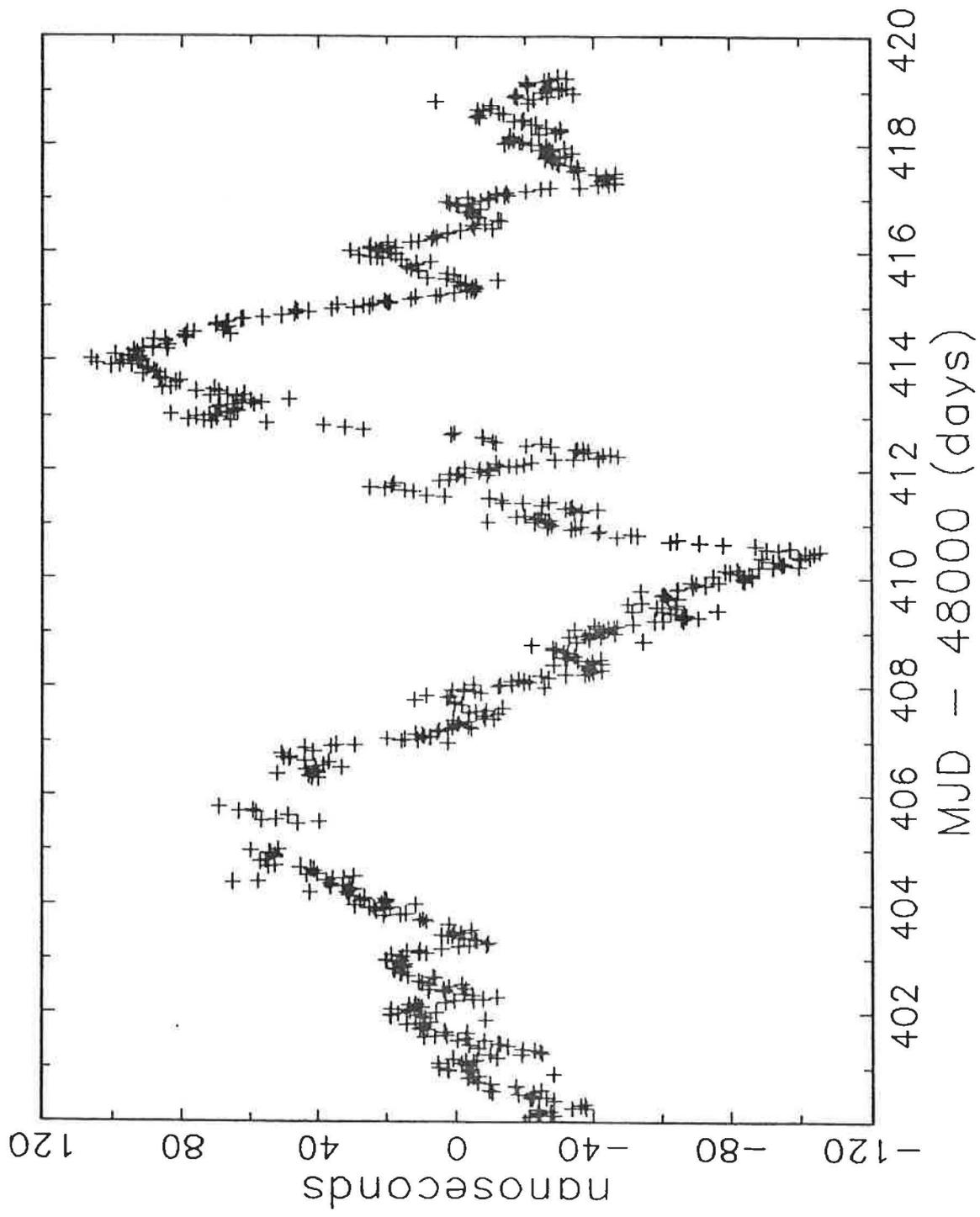


figure 3

