

# OBSERVER LE CIEL

## RADIOASTRONOMIE D'AMATEUR – Détection de Pulsars à 21 cm

Article publié dans le numéro 101 de l'Astronomie, revue mensuelle de la Société Astronomique de France (S.A.F). Parution Janvier 2017.

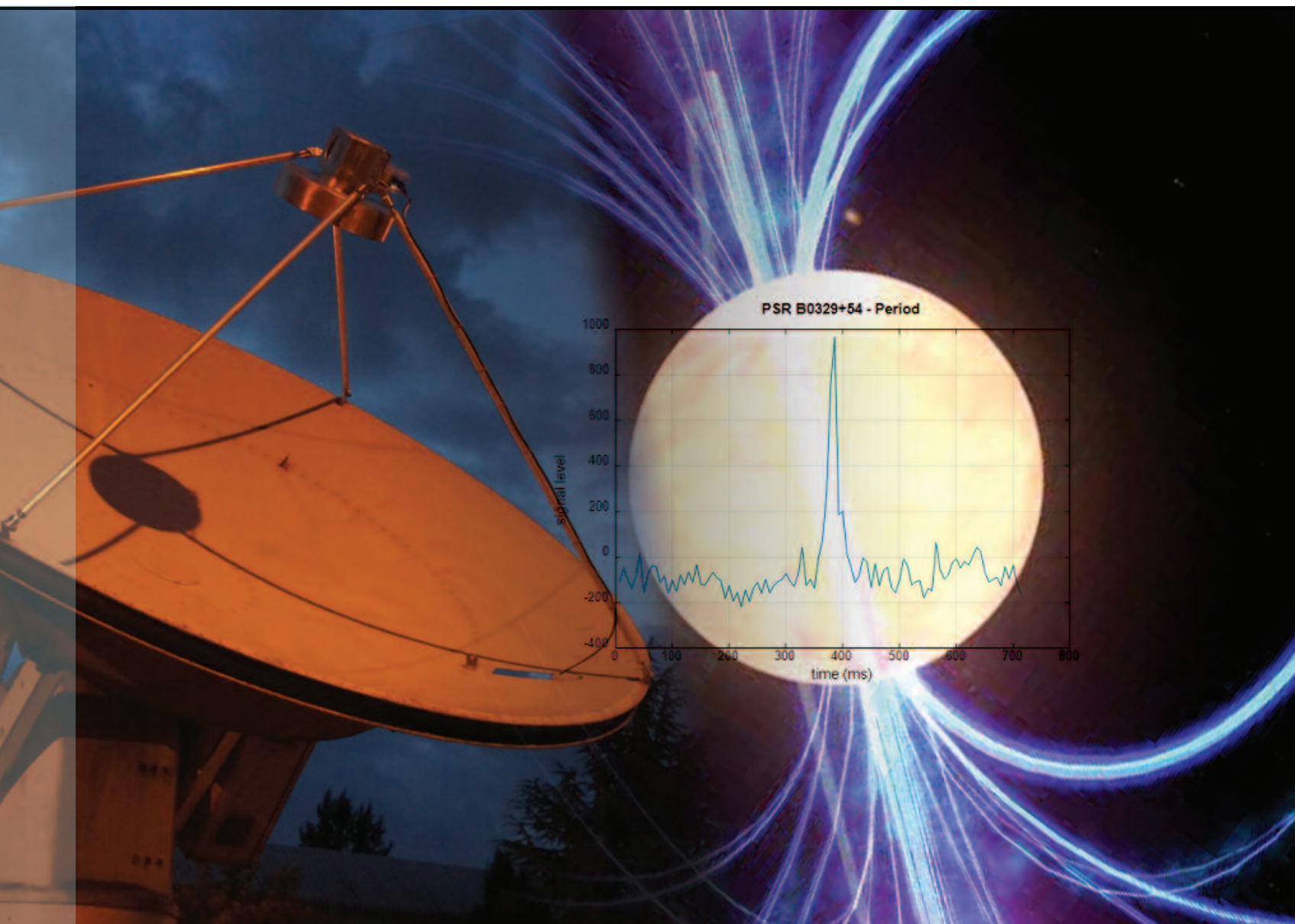
**Ne pas copier, reproduire ou traduire sans autorisation. Merci.**

**Don't copy, reuse or translate without any authorization. Thank you**

JJ MAINTOUX – F1EHN

<http://www.f1ehn.org>





# RADIOASTRONOMIE D'AMATEUR DÉTECTION DE PULSARS @ 21cm

## QU'EST-CE QU'UN PULSAR ?

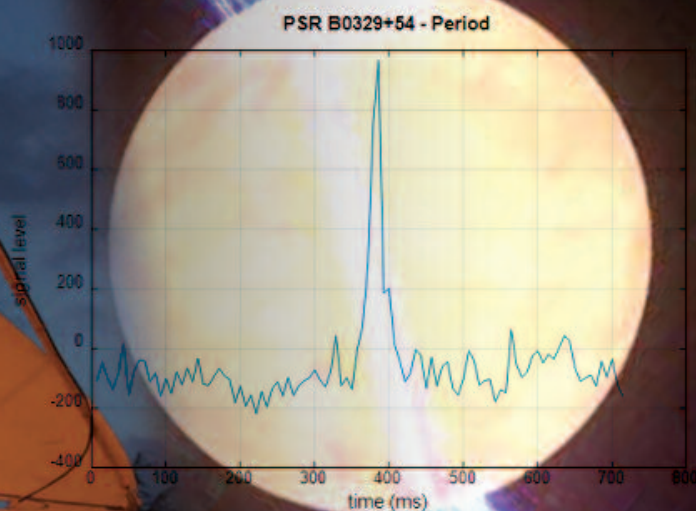
Un pulsar – de l'anglais *pulsating star* – est un objet astronomique produisant un signal périodique allant de l'ordre de la milliseconde à quelques dizaines de secondes. Ce serait une étoile à neutrons tournant très rapidement sur elle-même (période typique de l'ordre de la seconde, voire beaucoup moins pour les pulsars milliseconde) et émettant un fort rayonnement électromagnétique dans la

direction de son axe magnétique. Le premier pulsar fut découvert par Jocelyn Bell et Antony Hewish, en 1967, à Cambridge [1] et [2].

L'observation d'un pulsar peut être comparée à celle d'un phare sur la côte, la nuit. À chaque tour de la lampe du phare, on observe un flash lumineux dans notre direction.

Les pulsars ont permis un développement important de certaines disciplines de l'astrophysique au travers de l'observation

de phénomènes à très haute énergie et de leur propagation dans le milieu interstellaire (ISM pour *InterStellar Medium*). L'étude d'un pulsar binaire, PSRB1913+16, a permis indirectement de mettre en évidence le rayonnement gravitationnel. (*Travaux de Joe Taylor, radioamateur K1JT avec qui j'ai pu échanger par e-mail lors de ma 1<sup>re</sup> détection alors que l'on fêtait les cent ans de leur prédiction par la relativité générale et que ces ondes venaient d'être observées directement.*)



Du fait que l'émission d'un pulsar est incluse dans un cône, un grand nombre de pulsars sont inobservables lorsque la Terre se trouve en dehors de leur balayage. Néanmoins, plus de 2000 pulsars sont recensés par la communauté scientifique et listés dans différentes bases de données. J'ai utilisé celle de l'ATNF [3].

Les pulsars émettent des ondes électromagnétiques dans différents domaines et nous nous intéressons bien sûr ici au domaine radio et plus particulièrement à la longueur d'onde de 21 cm, bande de fréquence de mon radiotélescope.

Le but de cet article est de partager avec le lecteur mon expérience et d'éclaircir certains points techniques. Je ne peux malheureusement décrire ici toute la démarche. On pourra se reporter aux notes en fin d'article pour obtenir davantage d'informations.

## LE PRINCIPE DE LA DÉTECTION

Les signaux reçus en provenance de pulsars, appelés « pulses » dans cet article selon la désignation anglaise, sont extrêmement faibles. Ils représentent donc un véritable défi pour une station amateur. Ces signaux sont quantifiés en mJy (millième de jansky) alors que le jansky est couramment utilisé pour les autres objets tels les signaux en 21 cm qui sont rayonnés par notre Galaxie (voir à ce sujet nos précédents articles dans *l'Astronomie* n°s 54 et 55, oct. et nov. 2012). Les caractéristiques du radiotélescope, principalement son « bruit système », sont inchangées quel que soit le rayonnement reçu, ce qui fait qu'un pulsar n'est pas directement détectable par une station amateur. En d'autres termes, une station amateur ne peut pas détecter un pulsar inconnu.

En revanche, connaissant l'existence d'un pulsar, certaines méthodes peuvent permettre à une station amateur de détecter cet objet moyennant quelques précautions et dans certaines limites.

En effet, le « bruit du système » du radiotélescope et le signal rayonné par le pulsar sont de même nature aléatoire. Par contre, le signal du pulsar est capté sur Terre selon une suite de répétitions (période) très stable et très précise sur la durée d'observation.

La figure 2 est une simulation donnant un aperçu (amplitude relative) des signaux en jeu. En bleu, la courbe donne l'allure du bruit continu du récepteur et en rouge le signal (pulse) du pulsar. Ces signaux sont donnés en sortie de la détection quadratique du récepteur (ce détecteur délivre une amplitude proportionnelle à la puissance d'entrée).

La seule méthode possible pour extraire le signal du bruit consiste alors à effectuer des mesures synchrones de la période du pulsar (détection synchrone). Il est démontré qu'en additionnant les amplitudes détectées de  $N$  périodes de pulsar, le rapport signal sur bruit est alors amélioré d'un facteur  $(\sqrt{N})$ . En effet, entre les pulses, le bruit est incohérent et son amplitude se somme en  $\sqrt{N}$  tandis que le signal détecté du pulsar se somme en  $N$ . Pour l'exemple de la figure 2, avec la période du pulsar de 500 ms et la largeur de pulse de 25 ms, une observation de 1 800 secondes (soit 3 600 périodes) conduit au résultat que l'on voit sur la figure 3.

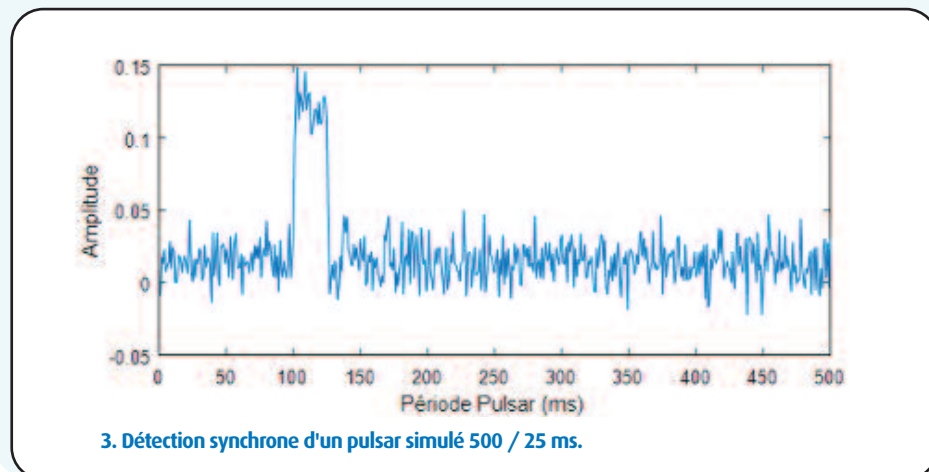
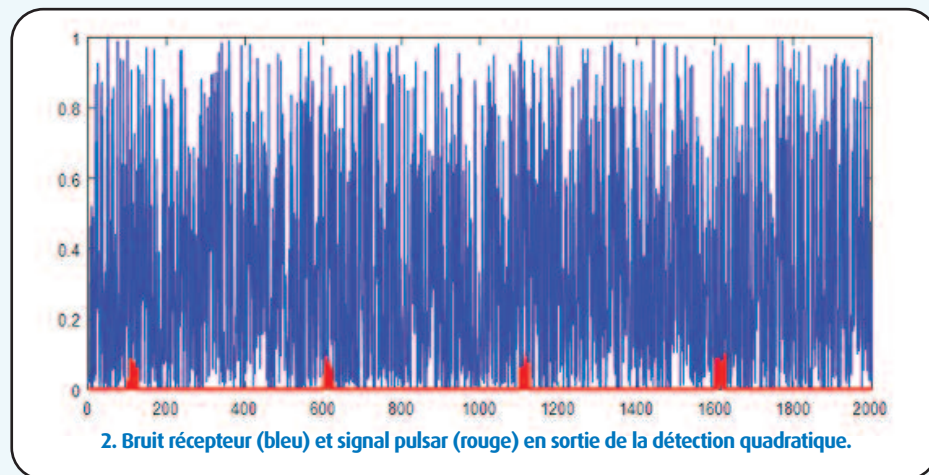
La conclusion est donc qu'il faut collecter les informations sur un grand nombre  $N$  de périodes et avec une cadence plus rapide que la largeur du pulse à observer.

## LES DIFFICULTÉS À PRENDRE EN COMPTE

Avant d'aborder la manipulation, il faut prendre en compte certaines difficultés complémentaires pour la stratégie d'observation et la mise en œuvre du radiotélescope.

### Stabilité

Nous avons vu précédemment que la technique d'observation fait appel à une détection dite synchrone. Il faut donc acquérir les données avec une grande stabilité temporelle de



la station. En effet, si l'on veut réduire les pertes au minimum, il faut être sûr d'ajouter des signaux qui correspondent bien au pulsar observé. En se fixant une durée maximale d'observation de 3 heures, soit 10 800 s et un décalage inférieur à 0,5 ms (de l'ordre de 1/10 de la largeur d'un pulse, pour les pulsars couramment observés) au terme de cette observation, il est alors nécessaire d'avoir une stabilité de l'ordre de  $0,5 \cdot 10^{-6}$ . Ce n'est pas vraiment une difficulté mais une précaution à prendre. De la même manière, il faut avoir une chaîne de réception dont les performances sont stables pour ne pas dégrader le traitement.

### Effet de dispersion

Lors de son trajet, le spectre large bande du signal émis par le pulsar est affecté par la densité électronique du milieu interstellaire. Les fréquences plus basses du spectre sont alors retardées par rapport aux fréquences les plus élevées, ce qui se traduit, sans précaution, par un étalement temporel du pulse et donc par une perte de signal [13]. Cet effet est encore plus impactant sur les bandes de fréquence plus basses.

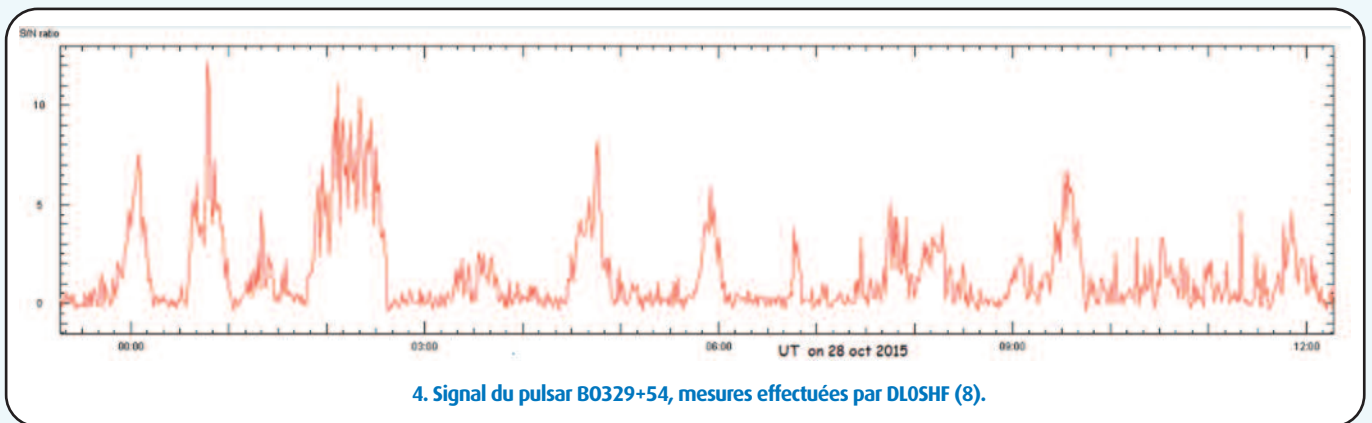
Si un compromis n'est pas possible, il faut mettre en œuvre un récepteur plus complexe équipé d'un dispositif de dé-dispersion. En effet, ce phénomène est prédictible et il est donc possible par traitement de re-

### MÉTHODOLOGIE ET ADAPTATION DU RADIOTÉLESCOPE

Ce paragraphe présente les éléments à prendre en compte pour effectuer une détection ainsi que les différents choix effectués pour l'adaptation de mon radiotélescope en fonction de mes moyens techniques et de mes compétences. Ce bilan est simplifié et fait appel aux règles classiques utilisées en radioastronomie.

### Sélection de l'objet à observer

Tout d'abord, il faut choisir le signal à détecter. Le tableau (fig. 5) donne la liste des pulsars les plus puissants pour la bande



4. Signal du pulsar B0329+54, mesures effectuées par DLOSHF (8).

### Effet de scintillation

Cet effet est dû à des interférences destructives et constructives affectant les signaux traversant le milieu interstellaire ainsi que l'atmosphère. Si ces interférences peuvent être vos amies (constructives), dans le cas d'une petite antenne, elles sont surtout signe d'absence de signaux ou de signaux faibles conduisant à résultat négatif.

La figure 4 montre l'impact de la scintillation sur l'amplitude du signal du pulsar B0329+54. Les interférences destructives amènent aléatoirement le signal proche de 0 et le rendent indétectables. On comprend alors que la détection pour une petite antenne tient de la chance si l'on ne prend pas en compte cet effet.

Pour avoir le maximum de chance de détecter ce pulsar B0329+54, il faut donc augmenter la sensibilité du radiotélescope afin de réduire le temps d'observation (ou d'intégration). En effet, si l'on ajoute du temps sans signal, on dégrade le rapport signal sur bruit des périodes avec signal. Cet effet est à prendre en compte dans la stratégie et dans le traitement. Le principal facteur modifiable est la bande passante du radiotélescope. Mais cette dernière est une contrainte pour une autre caractéristique importante des pulsars : la dispersion.

tarder les fréquences du spectre les plus élevées pour les synchroniser avec les fréquences les plus basses.

### Effet Doppler

Les vitesses relatives des observatoires terrestres dans la direction de l'objet observé varient selon les coordonnées du lieu d'observation et aussi selon la date et l'heure de l'observation. Ces différentes vitesses provoquent un décalage Doppler sur la période observée du pulsar. La période ainsi mesurée par un observatoire au sol est appelée « topocentrique » ; elle est légèrement différente de la période réelle du pulsar et la différence doit être prise en compte pour effectuer une détection synchrone. Des logiciels comme « Tempo » ou des calculateurs en ligne [6] permettent ces prédictions. Pour mes essais, ces calculs ont été effectués par Wolfgang Hermann, du radiotélescope Astropfeiler à Stockert en Allemagne [5]. La différence atteint plusieurs dizaines de microsecondes ( $\mu$ s) par pulse et elle est donc non négligeable sur une longue observation ; ainsi, sur une durée de 1 000 périodes, l'erreur serait de plusieurs dizaines de millisecondes (ms) donc supérieure à la largeur du pulse !

fréquence de 21 cm. Les indications des colonnes sont : nom (ascension droite et déclinaison avec son signe) ; P0 = période du pulsar ; DM = dispersion ; W50 = largeur du pulse à mi-puissance ; S1400 = flux radio à 1 400 MHz.

Observant dans l'hémisphère Nord, nous allons nous intéresser aux valeurs de déclinaison positive (dernier nombre précédé de + dans le nom) afin d'avoir une observation avec une hauteur élevée et une fenêtre de visibilité la plus grande possible (plusieurs heures).

Pour un premier essai, B0329+54 est un bon candidat car il présente un flux important et une déclinaison très élevée. Nous traitons le cas de ce pulsar dans l'encadré, en calculant tous les éléments qui caractérisent le signal reçu et en tenant compte des caractéristiques du radiotélescope.

### Adaptation du radiotélescope et du matériel de détection

La bande de fréquence (21 cm) de mon radiotélescope est bien adaptée pour l'observation des pulsars et les différentes contraintes signalées antérieurement peuvent être appréhendées avec succès.

#	NAME	P0 (s)	DM (cm <sup>-3</sup> pc)	W50 (ms)	S1400 (mJy)
1	B0833-45	0.089328	67.99	2.100	80.00
2	B0329+54	0.714520	26.76	6.600	83.00
3	J0437-4715	0.005757	2.64	0.141	49.00
4	B0950+08	0.253065	2.96	9.500	84.00
5	B0736-40	0.374920	160.80	29.000	80.00
6	B1451-68	0.263377	8.60	12.500	80.00
7	B1933+16	0.358738	158.52	9.000	42.00
8	B1556-44	0.257056	56.10	6.000	40.00
9	B2020+28	0.343402	24.64	12.000	38.00
10	B1929+10	0.226518	3.18	7.400	36.00
11	B1133+16	1.187913	4.85	31.700	32.00
12	B2016+28	0.557953	14.17	14.900	30.00

5. Pulsars classés par densité de flux en 21 cm d'après référence 6.

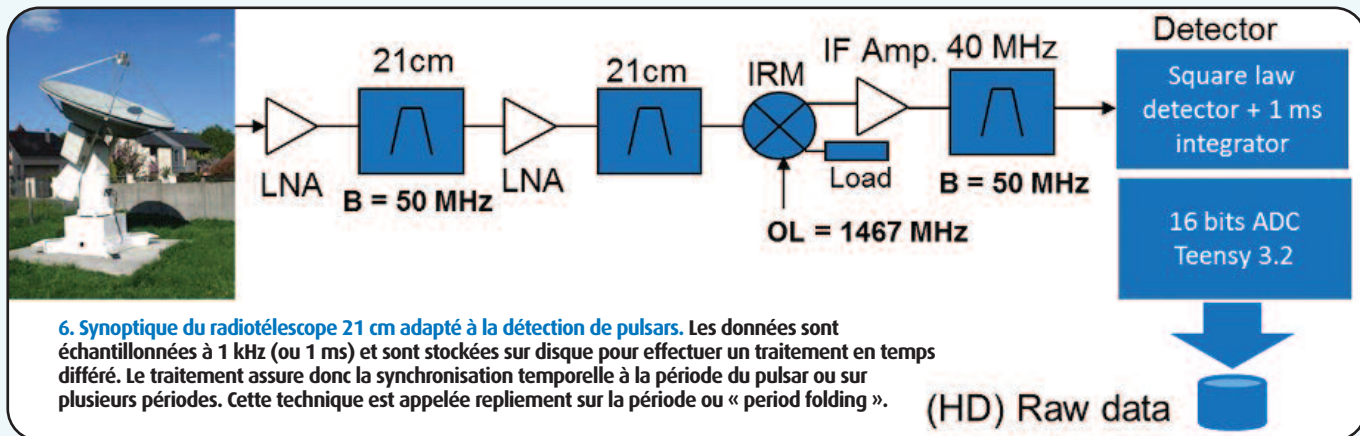
La stratégie d'observation est fonction des contraintes imposées par le pulsar. Ainsi, B0329+54 présente une forte scintillation mais une faible dispersion. Dans ce cas, pour lutter contre la scintillation, il est nécessaire de réduire le temps de détection à un minimum. Pour cela, la bande passante doit être placée au maximum autorisé par la dispersion.

Dans le cas de B0329+54, on peut calculer [5] que la bande passante en fréquence peut être portée à 50 MHz et que le temps d'intégration peut alors être porté à 3 ms (empiriquement  $W50/2$ ). Mais

il faudra le réduire si l'on souhaite obtenir une meilleure résolution du pulse. Pour une station amateur, avec une telle bande passante, il est difficile de passer à une architecture entièrement numérique. Mais, comme il n'y a pas de dé-dispersion à effectuer, une solution analogique simple est possible. À partir de ces valeurs et des formules du bilan, on en déduit le nombre de périodes de pulsar à acquérir pour obtenir le rapport signal/bruit souhaité pour une détection. On arrive à un minimum de 250 périodes, soit environ 3 minutes d'observation. Cette durée permet de s'affranchir de la scintillation, qui est plus lente, et ainsi profiter des instants positifs. Bien sûr, on effectuera un enregistrement plus long afin de disposer de plus d'informations pour ne pas se limiter à une simple détection, mais pour obtenir un profil plus détaillé du pulse du pulsar observé.

Pour le détecteur proprement dit, l'idée est de s'éloigner de solutions hardware complexes en matière de synchronisation. Le club DLOSHF décrit une solution basée sur des appareils de mesure mais mettant en œuvre un traitement moderne et numérique [8]. Ici, les appareils de mesure sont remplacés par des solutions simples en appliquant un traitement similaire. La détection est ainsi assurée par un détecteur quadratique classique de mesure (type HP8472A) suivi d'un premier intégrateur analogique RC de 1 ms. Ce signal est ensuite numérisé (par exemple avec un module Teensy 3.2). Les intégrations complémentaires seront effectuées par le traitement décrit ci-dessous. Difficile de faire plus simple.

Les différentes modifications décrites ci-dessus conduisent à l'architecture schématisée par un synoptique (figure 6).



6. Synoptique du radiotélescope 21 cm adapté à la détection de pulsars. Les données sont échantillonnées à 1 kHz (ou 1 ms) et sont stockées sur disque pour effectuer un traitement en temps différé. Le traitement assure donc la synchronisation temporelle à la période du pulsar ou sur plusieurs périodes. Cette technique est appelée repliement sur la période ou « period folding ».

## Bilan concernant le pulsar B0329+54

Les principales caractéristiques du pulsar sont: flux moyen à 1 400 MHz.  $S_m = 203$  mJy, largeur de pulse à mi-puissance  $W50 = 6,6$  ms, période de rotation  $P0 = 0,714520$  s et mesure de dispersion.  $DM = 26,76$  pc/cm<sup>3</sup>.

Les caractéristiques de l'antenne sont: diamètre  $D = 3,3$  m avec un rendement  $\eta$  de l'ordre de 55 %. La température système du radiotélescope est  $T_{sys} = 60$  K.

### ● Signal reçu

Flux crête rayonné  $S_c = S_m \times P0 / W50$  soit  $S_c = 24$  Jy soit  $24 \cdot 10^{-26}$  W/m<sup>2</sup>/Hz.

Surface efficace de l'antenne:  $A = \eta \times \pi \times D^2 / 4$  soit  $A = 4,7$  m<sup>2</sup>.

Température d'antenne liée au pulsar:  $T_a = 1/2 \times S_c \times A / k$  soit  $T_a = 0,041$  K avec  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  J/K.

### ● Sensibilité et rapport signal/bruit

La sensibilité de détection est donnée par la formule classique de sensibilité de détection d'un RT en faisant apparaître le facteur d'intégration ( $\sqrt{N}$ ) vu plus haut.

Le rapport signal/bruit est alors égal à  $SNR = T_a \times (Bw \times T_i \times N)^{0,5} / T_{sys}$  avec  $Bw =$  bande passante en fréquence,  $T_i =$  temps d'intégration,  $N =$  nombre de périodes observées. Ces valeurs sont déterminées ci-dessous pour optimiser l'architecture du radiotélescope ainsi que la stratégie d'observation.

### ● Durée d'observation ou temps d'intégration

Dans un premier temps, la durée est exprimée en nombre de périodes observées ou intégrées. À partir de la formule SNR ci-dessus,

on en déduit  $N = T_{sys}^2 \times SNR^2 / T_a^2 \times Bw \times T_i$  avec  $SNR = 4$  (ou 6 dB) couramment admis comme seuil de détection pour une station amateur. En dessous, une fausse détection liée à un parasite ou une pointe de bruit est possible. Pour cette raison, il est conseillé de présenter au moins deux périodes consécutives du pulsar.

La durée d'observation est ensuite déduite du nombre de périodes intégrées avec  $D = P0 \times N$ .

### ● Dispersion

La dispersion  $\Delta t_d = (DM/ad) (1/F1^2 - 1/F2^2)$  avec  $ad = 2,41 \cdot 10^{-16}$  (cm<sup>-3</sup> x pc x s), constante applicable aux pulsars. DM est une caractéristique du pulsar dépendant de sa distance.

### TRAITEMENT

Les données enregistrées sont une suite d'échantillons 16 bits cadencés à 1 ms. Le traitement est donc relativement simple à effectuer. Il pourrait être effectué à l'aide d'Excel, Octave, Scilab, Python... J'ai choisi Matlab par habitude et pour ses sorties graphiques.

Le pulsar B0329+54 a été observé lors de 3 essais de plus de 2 heures chacun entre avril et août. Le principe de traitement permettant la détection apparaît sur la figure 7.

Après lecture, les échantillons (bins) sont arrangés pour chaque période (P1, P2...) suivant leur position. Ensuite, les n périodes sont moyennées pour constituer une 1<sup>re</sup> trame et ainsi de suite jusqu'à N trames.

Pour finir, les N trames sont moyennées pour délivrer la période après repliement.

Après traitement, les données sont alors présentées de deux manières :

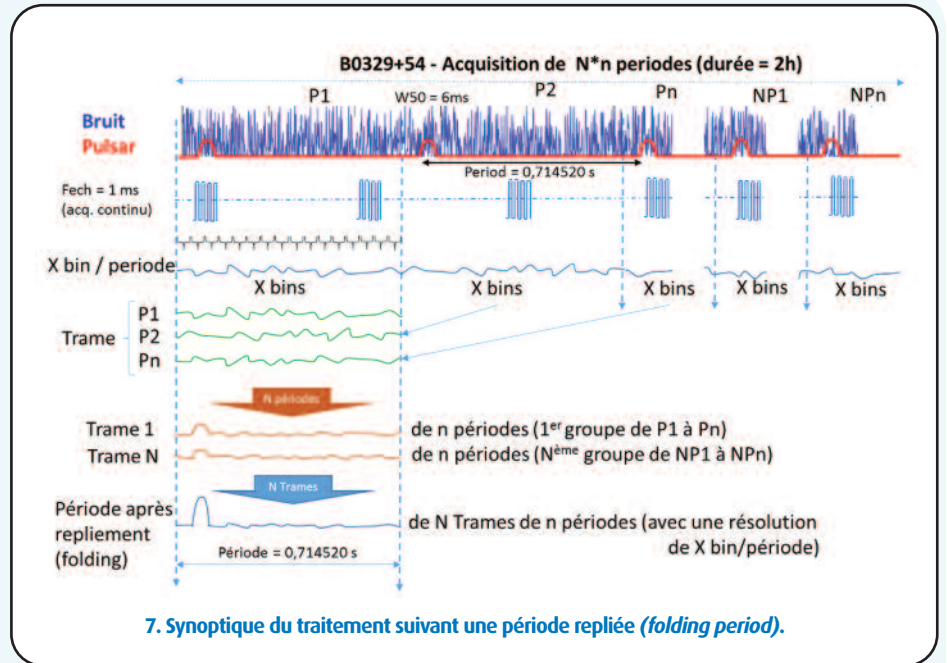
- Suivant une vue tramée constituée de différentes trames (*waterfall*). Cette vue montre l'évolution du signal en fonction du temps. Une ou plusieurs détections simples sont alors visualisables.

- Suivant une vue globale de la période repliée. Alors on peut visualiser le profil du pulse afin d'en déduire certaines caractéristiques.

Il est également possible d'effectuer le repliement sur plusieurs périodes successives si le SNR le permet afin de visualiser l'aspect temporel du pulsar.

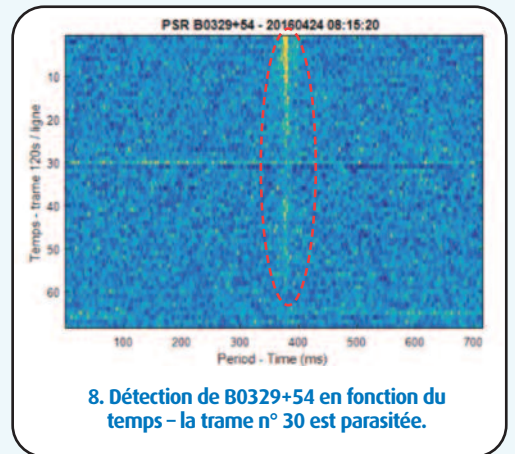
### RÉSULTATS DE L'OBSERVATION DE B0329+54

La figure 8 montre l'évolution du signal du pulsar en fonction du temps (cercle en rouge). Elle montre 68 trames de seulement 2 minutes chacune pour mettre en évidence l'effet de scintillation.



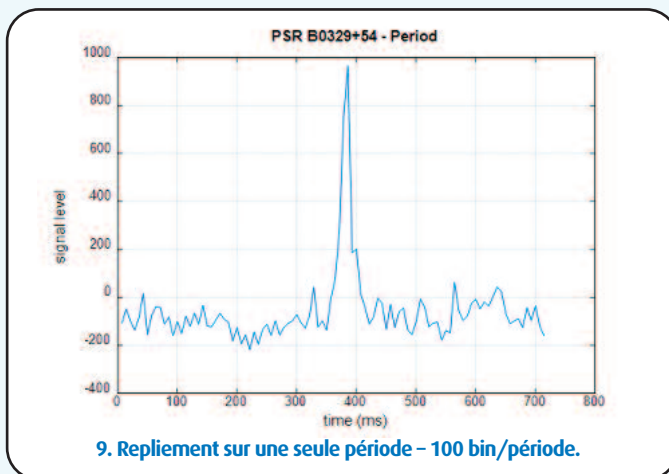
7. Synoptique du traitement suivant une période repliée (folding period).

L'observation est parfaitement synchronisée sur la période topocentrique du pulsar (trace verticale à environ 380 ms). On constate l'effet de la scintillation, révélant un signal assez « puissant » sur les 15 premières trames (environ 30 minutes) puis un signal faible sur les 10 trames suivantes et ensuite une extinction sur les trames suivantes de 25 à 39. Le reste de l'enregistrement reste à un niveau faible mais la durée d'une trame est seulement de 2 minutes. Ces résultats sont conformes aux calculs qui prévoient une détection pour un temps d'observation de 3 minutes. Avec un enregistrement plus long, on peut alors profiter des périodes les plus intéressantes (par exemple trames 1 à 60) et effectuer un repliement sur une seule période. Le S/B (SNR) est alors très favorable, comme le montre la figure 9 avec une résolution de 100 bin/période.

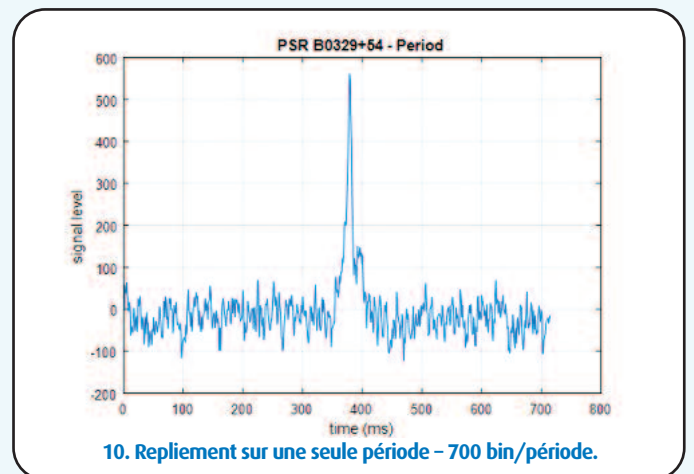


8. Détection de B0329+54 en fonction du temps - la trame n° 30 est parasitée.

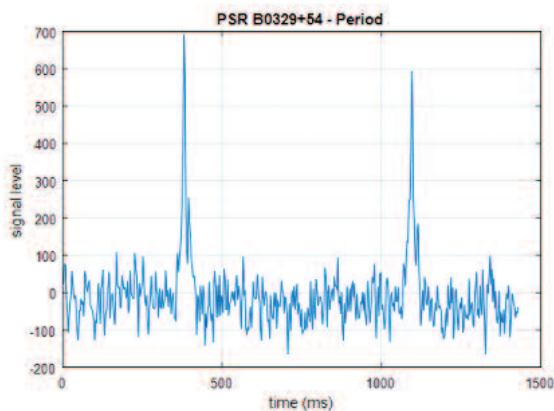
Avec un tel signal, il est alors possible de modifier les paramètres de traitement en passant de 100 bin/période à 700 bin/période afin d'améliorer la résolution temporelle et d'affiner les détails.



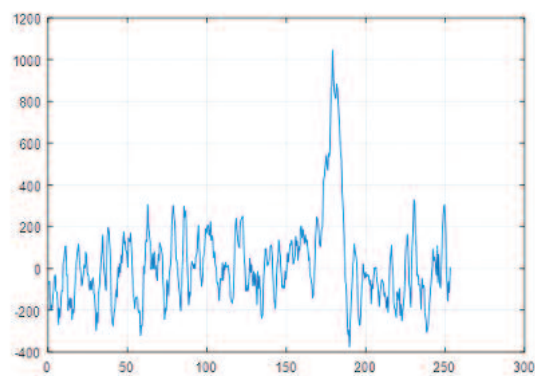
9. Repliement sur une seule période - 100 bin/période.



10. Repliement sur une seule période - 700 bin/période.



11. Repliement sur 2 périodes – 700 bin/seconde.



12. B0950+08 - Repliement sur 1 période – 500 bin/période.

La figure 10 révèle alors la présence d'un pré-pulse et d'un post-pulse au pied du pulse principal. Cette caractéristique de ce pulsar est connue. Ici, la vue correspond au mode normal où le post-pulse est supérieur au pré-pulse. Ce mode normal représente 80 % du temps. Les 20 % restants n'ont pas pu être observés à cause de la scintillation.

D'après les experts, la présence des pré et post-pulses révèle des modifications dans la composition chimique et dans la structure de surface du pulsar [9].

Avec ce rapport signal/bruit toujours correct, il est alors possible de tracer la succession de plusieurs pulses. La figure 11 montre la bonne stabilité du mode normal observé. Les pré et post-pulses sont parfaitement visibles. La période du pulsar est visible.

Pour le plaisir, j'ai donc effectué un repliement sur un plus grand nombre de pulses afin d'utiliser l'enveloppe de détection pour moduler un bruit synthétique afin de recréer un signal audio représentant la réception du pulsar. La référence 10 donne un lien vers ce fichier à écouter.

## AUTRES OBSERVATIONS

On a vu, dans les paragraphes précédents, l'adaptation du radiotélescope et le traitement des signaux reçus. Dans la même configuration du télescope, il a été possible de détecter deux autres pulsars dans de bonnes conditions. L'architecture et le traitement sont restés identiques; seule la durée des trames a été rallongée pour s'adapter à des signaux plus faibles. Quelques résultats sont donnés ci-dessous mais, pour plus de renseignements sur ces observations, se reporter à ma note technique présente sur mon site web en page « radioastro ».

### Le pulsar B0950+08

B0950+08 est le deuxième pulsar le plus puissant de l'hémisphère Nord. Ses principales ca-

ractéristiques sont : flux moyen S1400 = 84 mJy, largeur de pulse à mi-puissance W50 = 9,5 ms et période de rotation P0 = 0,253065 s. Sa dispersion est très faible et donc négligeable.

La figure 12 révèle la présence d'un épaulement dans le flanc gauche du pulse de B0950+08. Le profil asymétrique de ce pulsar semble être connu. Cela pourrait révéler la présence d'une seconde composante radio et donner des détails sur le rayonnement de B0950+08. J'emploie le conditionnel, car ces analyses vont bien au-delà de mes compétences et de mon imagination. Nous sommes plongés ici dans un autre monde très différent du nôtre. C'est le charme de ces observations, la découverte d'autres mondes...

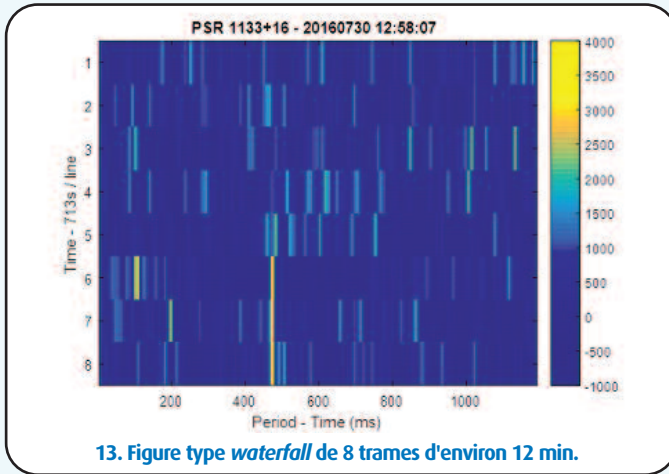
### Le pulsar B1133+16

Le choix de ce pulsar a été fait pour son flux moyen afin de connaître les limites du radiotélescope et aussi pour sa position permettant une observation de jour, ce qui est plus confortable. Sa dispersion est également très faible, d'un effet négligeable.

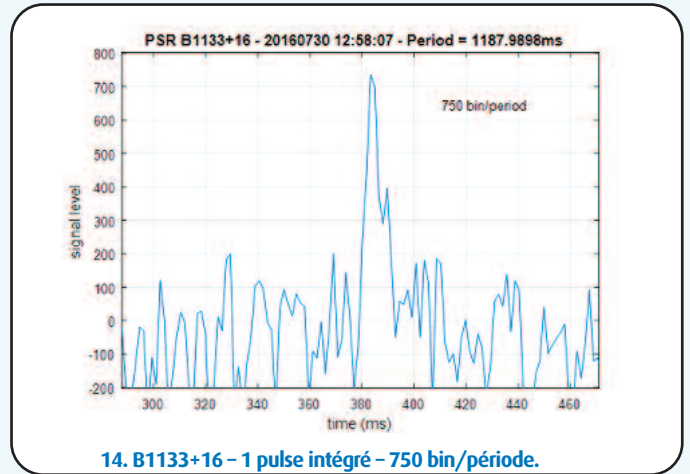
Le flux de ce pulsar est extrêmement faible. Ce pulsar est le sixième plus puissant de l'hémisphère Nord. Ses principales caractéristiques sont : flux moyen S1400 = 32 mJy, largeur de pulse à mi-puissance W50 = 31,7 ms et période de rotation P0 = 1,187913 s.

La figure 13 montre l'évolution du signal de B1133+16 en fonction du temps. L'axe X correspond à la période du pulsar, et l'axe Y





13. Figure type waterfall de 8 trames d'environ 12 min.



14. B1133+16 – 1 pulse intégré – 750 bin/période.

correspond à la durée d'enregistrement de 1,5 h (90 min) découpée en 8 trames de 713 s (env 12 minutes).

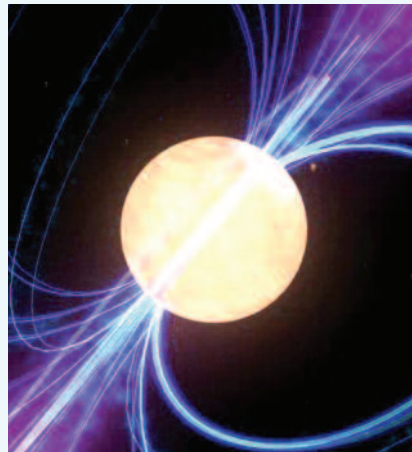
Cette figure montre l'effet de la scintillation comme prédit par les observations de Wolfgang Hermann à l'Astropfeiler Stockert.

Par contre, en fin d'enregistrement (cerclé en rouge), le niveau reçu semble au-delà du signal attendu et détectable même lors de trame courte d'environ 12 minutes. On voit ainsi l'effet des franges destructives et constructives suite à la traversée du milieu interstellaire et de notre atmosphère. Un deuxième enregistrement effectué avec une durée plus longue amène exactement au même constat concernant le niveau de signal et l'effet de la scintillation.

La figure 14 montre la période du pulsar repliée sur la totalité de l'enregistrement avec une résolution de 750 bin/période (la période étant plus grande que les pulsars précédents, il faut davantage d'échantillons pour conserver une résolution temporelle correcte). Comme attendu, le rapport signal/bruit est faible et la limite du radiotélescope est atteinte. Cette figure révèle des détails intéressants.

La largeur de pulse mesurée est bien plus faible que celle attendue. De l'ordre de 10 ms comparé à  $W50 = 31,7$  ms indiqué sur la base de données ATNF. Quelques recherches sur Internet [11] confirment cette observation. Il semble qu'à 21 cm (1 420 MHz), on mesure uniquement la composante principale du rayonnement du pulsar. Et bien sûr, ce pulse est plus étroit. Une hypothèse est donnée sur la structure en double cône du rayonnement et évoque la présence d'une troisième composante justifiant l'élargissement sur les bandes de

fréquence plus basses. En consultant les résultats de détection du RT Astropfeiler Stockert à 21 cm [12, p. 23], leur mesure confirme également la largeur du pulse observé ainsi que la deuxième composante.



### CONCLUSIONS

Effectuer des enregistrements longs permet de ne pas se limiter à une simple détection du pulsar mais à une mise en évidence de profil du pulse. Les résultats obtenus sont en général très proches de ceux trouvés dans la littérature et permettent de révéler certaines caractéristiques des pulsars.

Merci de vous reporter à la note technique publiée sur mon site afin de retrouver tous les résultats, une description plus détaillée du radiotélescope et des essais, ainsi que les noms des personnes qui m'ont aidé dans cette aventure qui m'a bien occupé durant les neuf premiers mois de 2016. Ce fut une réelle surprise de découvrir des objets aussi complexes, denses, possédant une vitesse de rotation aussi élevée et générant un rayonnement électromagnétique de très grande énergie.

Après la détection de B1133+16, d'autres détections semblent accessibles et la « chasse » ou la « traque » devrait être poursuivie. Le prochain candidat est B2020+08. ■

### RÉFÉRENCES :

- [1] Définition d'un pulsar : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Pulsar>
- [2] Définition d'une étoile à neutrons : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Étoile\\_à\\_neutrons](https://fr.wikipedia.org/wiki/Étoile_à_neutrons)
- [3] Database Pulsar ATNF : <http://www.atnf.csiro.au/research/pulsar/psrcat/>
- [4] Exemple d'un petit radiotélescope (RT) : <http://iw5bhy.altevista.org/index.php>
- [5] RT Astropfeiler de Stockert (Allemagne) : <http://astropfeiler.de>
- [6] Collection d'informations pour Amateur de Pulsars : <http://neutronstarjoataman.net/>
- [7] Oscilloscope avec Teensy : <http://www.mccaustlandcenter.sc.edu/crnl/oscilloscope>
- [8] Observations de pulsars par DL0SHF : <http://sat-sh.lernnetz.de/pulsarsE.html>
- [9] Mode-Switching phenomenon in pulsars : <http://adsabs.harvard.edu/abs/1982ApJ...258..776B>
- [10] Pulsar audio synthétique : [https://www.youtube.com/watch?v=WbHWxLmAY4k&feature=em-share\\_video\\_user](https://www.youtube.com/watch?v=WbHWxLmAY4k&feature=em-share_video_user)
- [11] Multi-frequency Radio Profiles of PSR B1133+16 : <https://arxiv.org/pdf/1511.08298v2.pdf>
- [12] RT Astropfeiler – Pulsars observations 2015 (p. 23) : [http://astropfeiler.de/sites/default/files/Pulsar\\_observations\\_2015.pdf](http://astropfeiler.de/sites/default/files/Pulsar_observations_2015.pdf)
- [13] Sur la dispersion : [https://www.obs-nancay.fr/IMG/flv/pulsar\\_chap2.flv](https://www.obs-nancay.fr/IMG/flv/pulsar_chap2.flv)



Article référencé sur CDS ADS <http://cdsads.u-strasbg.fr/>

<http://cdsads.u-strasbg.fr/abs/2017LAstr.131a..46M>

**Title:** Radioastronomie d'amateur, détection de pulsars a 21 cm  
**Authors:** [Maintoux, Jean-Jacques](#)  
**Affiliation:** AA( jjm\_f1ehn@wanadoo.fr)  
**Publication:** L'Astronomie, Vol. 131, Iss 101, p. 46-53  
**Publication Date:** 01/2017  
**Origin:** AUTHOR  
**Bibliographic Code:** [2017LAstr.131a..46M](#)

## Abstract

*Since the discovery of PSR B1919+21 in 1967, the study of radio pulsars has been so far the work of professional teams using large aperture arrays or single dish antennas. While the discovery of new pulsars is so far out of reach of amateurs astronomers with limited resources, we report the successful detection of 3 pulsars at 1420MHz with a 3.3m prime focus dish antenna, namely: B0329+54, B0950+08 and B1133+16. According to the Neutron Star list [6], this sets a new detection record given the very limited aperture of the antenna. In this paper, we expose how the sensibility and stability to achieve such detection was obtained with our constrained setup, then we discuss the data processing aspects, including the period calculation and folding for each PSR, as well as pulse profiles. With the upcoming upgrades to the telescope, more detections are likely to come. An ongoing observation of B2020+28 already yields promising results. Follow the last results here : <http://www.f1ehn.org> "radioastro"*