

club d'Astronomie
"LES CEPHEIDES"

RADIOASTRONOMIE
Amateur

Conférence du 11 juin 2016

par Mr Jean-Charles LE TARNEC

La lumière visible est un domaine privilégié pour l'homme mais elle représente qu'une infinie fraction du spectre électromagnétique. Le premier domaine de longueurs d'onde non visible à être exploité fut celui des ondes radio.

Quelques observations furent accomplies par des pionniers dans les années 1930, mais ce n'est qu'après la seconde guerre mondiale que la **radioastronomie** se développa véritablement. Depuis, elle est devenue l'un des piliers de l'astronomie moderne.

En particulier, elle a permis de découvrir certains des objets les plus intéressants de l'Univers, comme les pulsars, les radiogalaxies ou les quasars. Elle a également ouvert la voie à l'étude des différents types de nuages d'hydrogène qui parsèment le milieu interstellaire là où les étoiles naissent. Comme il y a un certain nombre de types d'objets célestes qui émettent des rayons X, comme les amas de galaxies, les trous noirs contenus dans les noyaux galactiques actifs, et autres objets galactiques tels que les rémanents de supernova, les étoiles, les étoiles binaires contenant une naine blanche, les étoiles à neutrons ou encore les binaires X, le champ d'études est vaste pour la radioastronomie.

Les ondes radio se distinguent par leurs grandes longueurs d'onde. Pour cette raison, il est nécessaire de recourir à de grandes antennes appelées des radiotélescopes. Parmi les exemples les plus connus, on peut citer le radiotélescope d'Effelsberg en Allemagne, une énorme antenne parabolique de 100 mètres de diamètre, ou bien le radiotélescope fixe d'Arecibo, qui a été construit en tapissant de plaques d'aluminium une cavité naturelle de 300 mètres de diamètre à Porto-Rico, le VLA (Very Large Array) au Nouveau Mexique, le radiotélescope de Nançay dans le Cher.

RADIOTELESCOPE
D'ARECIBO - PORTORICO



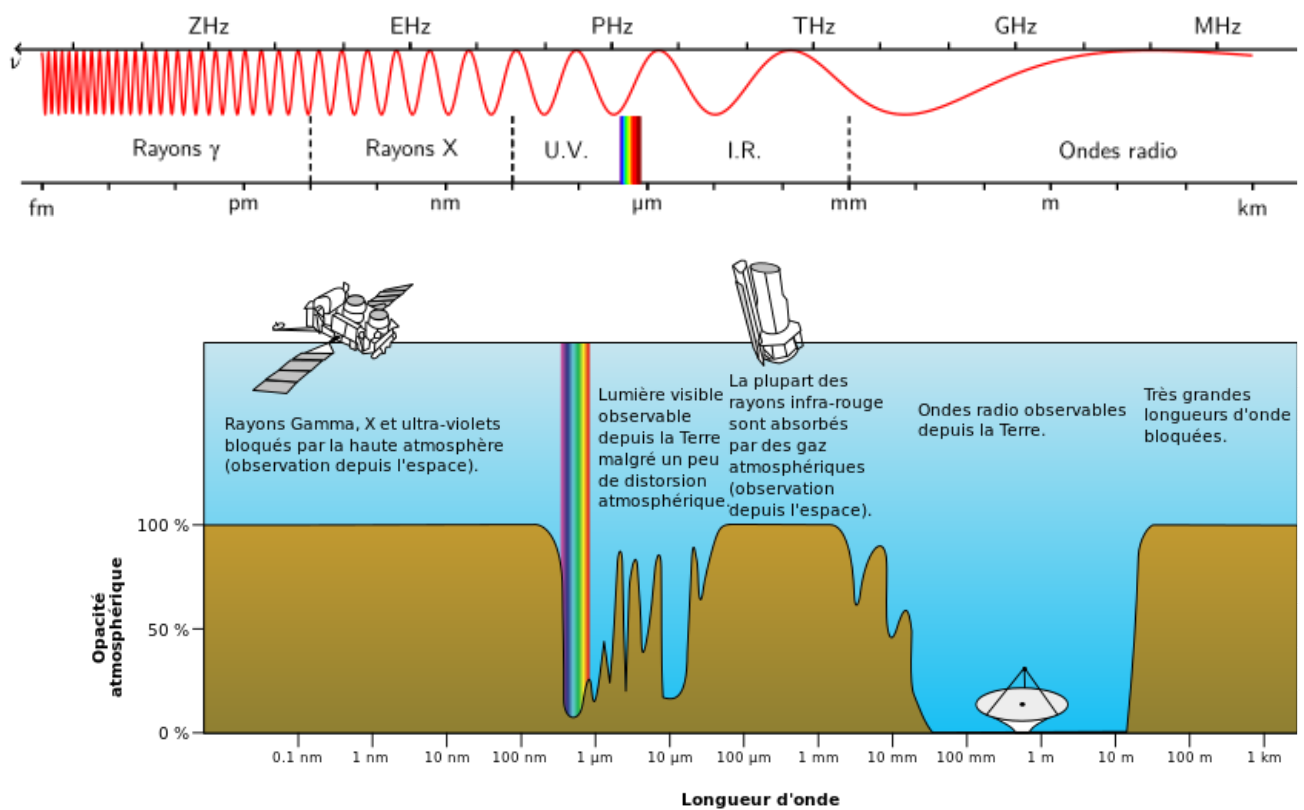
La fenêtre radio, qui s'étend de quelques millimètres à plusieurs kilomètres et dont le domaine de longueurs d'onde est le plus vaste du spectre électromagnétique, concerne les ondes qui ont les plus basses fréquences. Ce domaine est limité aux ondes radio (ondes hertziennes) par la transparence de l'atmosphère au niveau du sol et couvre les longueurs d'onde allant du millimètre (radioastronomie millimétrique) aux environs de 15m.

La limitation vers les très courtes longueurs d'onde provient de l'absorption du rayonnement électromagnétique par les molécules d'oxygène et de vapeur d'eau de l'atmosphère.

La limitation vers les grandes longueurs d'onde est due à l'ionosphère qui réfléchit vers l'espace les rayonnements radioélectriques d'origine céleste, dont la longueur d'onde est supérieure à 15 m, et qui ne peuvent arriver jusqu'au sol.

Une onde radioélectrique est une onde électromagnétique de la même nature que la lumière et qui, contrairement aux ondes sonores qui ont besoin d'un support matériel, voyage mieux dans le vide.

Elle file dans l'espace à la vitesse de la lumière soit : 299 792 458 m/s



Le domaine de la Radioastronomie s'étend donc des ondes millimétriques aux ondes décamétriques. Certaines bandes de fréquence sont essentiellement réservées aux observations astronomiques. Elles ne peuvent être attribuées pour les communications.

--oOo--

Pour s'affranchir de la barrière atmosphérique dans les domaines des Infrarouges, Ultraviolets, Rayons X et Gamma, les observatoires doivent être installés soit sur des sites élevés, soit sur des satellites en orbite autour de la Terre, soit sur des sondes spatiales. En ce qui concerne la radioastronomie, les radiotélescopes (ou antennes) sont construits au niveau de la mer en raison de la transparence de l'atmosphère aux rayons radio (Ondes Hertziennes).

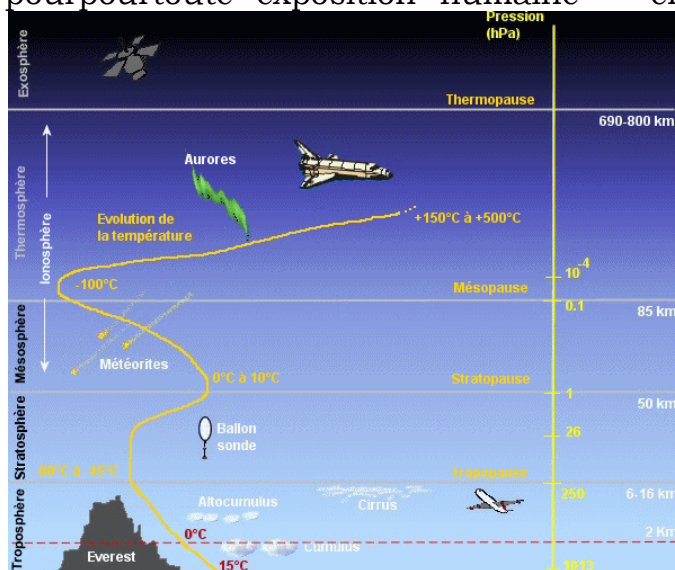
LA RADIOASTRONOMIE AMATEUR

La radioastronomie d'amateur est sûrement plus ingrate que l'astronomie optique d'amateur. On peut penser que si au niveau amateur il n'y a pas de découverte à faire, par contre il semble que les amateurs pourraient, en se concertant, participer par exemple à des observations de surveillance quotidienne en particulier au niveau du soleil et par là même à un certain travail scientifique.

Notre étoile, "le Soleil", que nous observons en visuel avec filtres ou Coronado, est un émetteur puissant et proche. Il peut être reçu avec des moyens modestes. Sur des fréquences voisines de 100 mhz, il émet, en période d'activité, de nombreux sursauts d'aspect très variés, tant en durée qu'en puissance. Ceci fait du soleil un objet de choix.

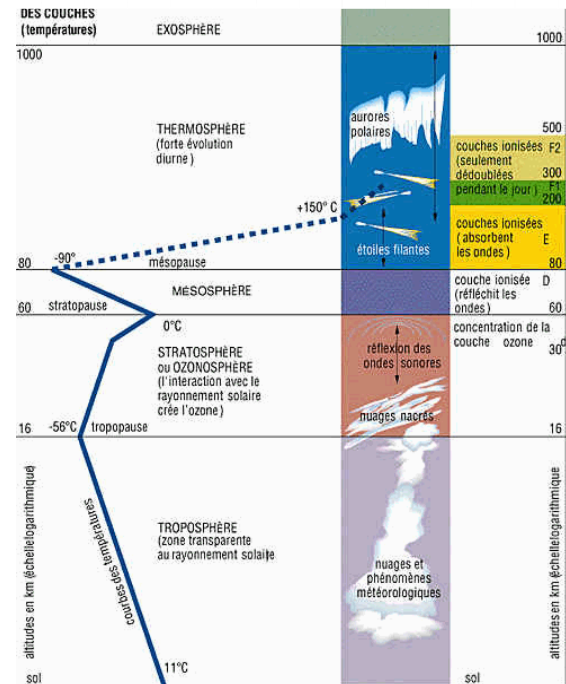
Les ondes radioélectriques émises par le Soleil proviennent de sa chromosphère. Leur étude permet de comprendre les phénomènes de propagation des ondes et de prévoir d'éventuelles perturbations des communications radioélectriques sur Terre.

Pendant les orages magnétiques, la très forte ionisation des couches hautes de l'atmosphère peut perturber, voire interrompre, les communications avec les satellites, avec les conséquences graves que l'on peut imaginer pour les télécommunications, la navigation et le positionnement géographique et, également, des conséquences graves pour toute exposition humaine en approche avec ces radiations.



Le **sievert** (symbole : **Sv**) est l'« unité utilisée pour donner une évaluation de l'impact des rayonnements sur l'homme » c'est-à-dire pour évaluer quantitativement l'impact biologique d'une exposition humaine à des rayonnements ionisants. L'ionosphère est la région de l'atmosphère située entre la mésosphère et la thermosphère et qui offre la propriété de réfléchir les ondes radios. Les périodes de fortes activités solaires exposent donc le personnel et les passagers des vols en haute altitude ainsi que les passagers des vols spatiaux et de l'ISS à une exposition aux rayonnements ionisants, dont la dose est sévèrement contrôlée pour le personnel navigant.

Une **éruption solaire** ou **tempête solaire** est un événement primordial de l'activité du **Soleil**. La variation du nombre d'éruptions solaires permet de définir un cycle solaire d'une période moyenne de 11,2 ans; Elle se produit périodiquement à la surface de la photosphère et projette au travers de la chromosphère des jets de matière ionisée qui se perdent dans la couronne à des centaines de milliers de kilomètres d'altitude. Une éruption donne non seulement un flash de lumière visible, mais émet également des radiations dans le reste du spectre électromagnétique : des rayons gamma aux ondes radio, en passant bien sûr par les rayons X. Le stade final est le déclin, pendant lequel des rayons X mous sont à nouveau les seules émissions détectées. Certaines éruptions solaires qui atteignent la Terre peuvent perturber les transmissions radioélectriques terrestres (orage magnétique) et provoquent l'apparition des aurores polaires;



Outre son domaine de fréquences (qui ouvre, à l'observateur terrestre, la deuxième "fenêtre" sur l'Univers), la radioastronomie se distingue de l'observation optique en plusieurs points. Du fait des longueurs d'onde utilisées, les images radio diffèrent complètement des images optiques ; au lieu d'un champ vu globalement, l'image d'une région du ciel doit être reconstituée point par point.

Par son étendue également, l'image radio est généralement très différente de l'image optique.

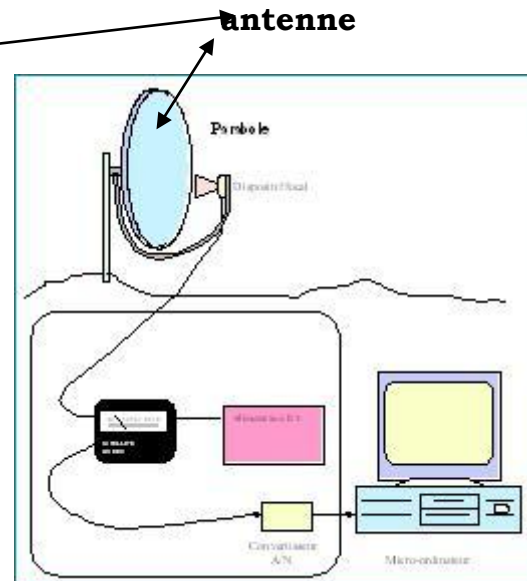
Étant donné le grand nombre des rayonnements, l'émission globale de l'Univers a l'aspect d'un bruit de fond, dans lequel il est nécessaire de sélectionner une bande étroite. L'observation consiste soit à analyser la distribution spatiale d'une fréquence (établissement de cartes radio), soit à déterminer le spectre d'une source. Les bandes dédiées à la radioastronomie ont des assignations spécifiques pour être utilisées que par ce service de radioastronomie.



Les satellites NOAA surveillent l'activité solaire, surveillent les émissions de rayons X solaires qui perturbent les satellites terrestres, fournissent des alertes pour les perturbations de la météo spatiale. informent en temps réel les stations de réception au sol, sachant que les flashes de lumière visible mettent 8 minutes pour atteindre notre planète alors que les rayons X mettent 3 jours à nous parvenir, ce qui donne le temps de parer, plus ou moins, aux orages de notre étoile.

Dès vendredi soir, 10 juin, à 21h, :

Une **antenne**, en lieu et place d'une parabole, a été installée dans notre salle de conférence, reliée à un récepteur et un ordinateur comme le croquis ci-après. Fonctionnant en continu 24h sur 24, axée sur le Soleil, nous avons pu, dès le samedi soir, obtenir, sur l'écran de l'ordinateur, une courbe de l'activité solaire (calme au plus plat) mais ayant néanmoins deux pics caractéristiques d'une manifestation de rayons X solaires. Expérience à la portée de radioastronomes amateurs nantis toutefois d'un minimum de matériel. Pour moins cher qu'un télescope optique de débutant, LUCIE est l'instrument du néophyte de l'observation radio. (voir sur Internet le Radiotélescope "LUCIE").



Cette expérience, faite en **radioastronomie indirecte**, a utilisé la fréquence radio d'une station allemande qui envoie des messages, 24 heures sur 24, à un sous-marin. (seule la fréquence radio nous intéressait.....).

Avec un simple **récepteur radio** et avec une **antenne-dipôle** horizontale de 2 éléments entre 3,5 mètres à 2 mètres, il est simple d'intercepter, en plus du bruit radio-électromagnétique du **Soleil**, les émissions radio :



- Jupiter
- Saturne
- Lune et les planètes telluriques
- Les Météorites
- l'espionnage
- Détection de signaux extraterrestres

LA PLANETE JUPITER

est une radiosource relativement puissante, émettant un rayonnement thermique, un rayonnement gyromagnétique et un rayonnement dû à son activité atmosphérique. Avec un simple récepteur de radiodiffusion d'onde courte, bande des 13 mètres, et comme antenne un fil électrique de 3,5 mètres, il est très simple d'intercepter le bruit radio-électromagnétique de la planète Jupiter en **AM**¹ sur la fréquence de 21,86 MHz : bruit de petites vagues rapides écoutées sur haut-parleur. En effet, la magnétosphère de Jupiter est façonnée par le plasma de Io et par

¹ **AM** : modulation d'amplitude : La modulation d'amplitude consiste à faire varier l'**amplitude** d'un signal de fréquence élevée, le **signal porteur**, en fonction d'un signal de plus basse fréquence, le **signal modulant**. Ce dernier est celui qui contient l'information à transmettre (voix, par exemple, recueillie par un microphone).

sa rotation propre, là où les vents solaires façonnent la magnétosphère terrestre. De forts courants circulant dans la magnétosphère créent des aurores permanentes autour des pôles de la planète et des émissions radio intenses et fluctuantes, ce qui signifie que Jupiter peut être considérée comme un pulsar radio très faible.

LA PLANÈTE SATURNE

Les courants électriques qui parcourent la couche d'hydrogène métallique située à l'intérieur de Saturne sont à l'origine d'un champ magnétique intense.

le spectre de rayons X de Saturne est similaire à celui des rayons X provenant du Soleil, cela peut s'expliquer grâce à la réflexion des rayons X solaires par l'atmosphère de Saturne.



LA LUNE

La Lune est un astre froid, qui se comporte curieusement. Son rayonnement infrarouge reflète les variations de flux reçus du Soleil, la majorité de sa luminosité en rayons X étant due à la réflexion de rayons X solaires à sa surface, alors que ses ondes radio sur 8,6 mm et 1,25 cm, atteignent leur maximum plus de 3 jours après la pleine Lune.

LES PLANÈTES TELLURIQUES

Bien que les mesures infrarouges soient suffisamment précises, l'atmosphère de Vénus ne permet pas d'avoir une idée de la température du sol aussi exacte que celle donnée par le rayonnement radio qui lui n'est pas absorbé. Des différences de températures importantes ont été mesurées entre les rayonnements infrarouge et radio. Il semblerait dans ce cas, qu'un effet de serre empêche l'infrarouge de s'échapper et par suite entraîne une élévation de température au voisinage du sol, alors que pour Mars et Mercure, la différence de température infrarouge/radio devrait faire l'objet de phénomènes d'émissions comparables à la Lune.

LES METEORITES

L'essentiel des communications en mode meteor scatter couvre notamment les fréquences VHF. Il s'agit d'écouter des signaux radio réfléchis sur les traînées d'ionisation que provoquent les météores par leur échauffement dans les hautes couches de l'ionosphère avant de se désintégrer ou plus rarement de retomber sur le sol... Ces traînées d'ionisation ne subsistent pas longtemps (quelques dixièmes de seconde ou plusieurs secondes dans les cas favorables), d'où les signaux écoutés par réflexion sur ces traînées sont comme des "bursts" de très courte durée.

L'ESPIONNAGE

Il s'agit de rechercher des signaux artificiels d'origine cosmique émis sous forme d'ondes radio. En 1959, Cocconi et Morisson préconisent d'étudier le ciel sur 21cm de longueur d'onde. Les premières écoutes débutèrent le 11 avril 1960 à l'observatoire de Green Bank (USA).

L'idée de rechercher de tels espions est née en 1979. Le premier acronyme utilisé fut SETA avec un A pour Artefact. Valdes et Freitas furent les premiers à mener des recherches autour des points de Lagrange L4 et L5 du système Terre-Lune. L'idée que des sondes puissent nous surveiller a

également amené l'astronome Allen Tough à mettre en place un site web intitulé « Welcome ETI »

DETECTION DES SIGNAUX EXTRATERRESTRES

Search for Extra-Terrestrial Intelligence (SETI, que l'on peut traduire par « recherche d'une intelligence extraterrestre ») est un programme d'origine américaine qui date des années 1960. Il regroupe des projets dont le but est de détecter les signaux qu'une intelligence extraterrestre pourrait émettre, volontairement ou non, depuis sa planète d'origine. Les projets analysent le spectre électromagnétique provenant de l'espace et essaient de détecter les signaux par opposition au bruit aléatoire.

Un de ces projets s'appelle SERENDIP. Ayant besoin d'énormes capacités de calcul, l'université de Berkeley a développé un logiciel de grille informatique nommé SETI@home en 1999. Il consiste à utiliser les processeurs de milliers d'ordinateurs connectés à Internet afin d'analyser ces données. Les calculs sont menés de façon transparente pour l'utilisateur. Les résultats de chaque calcul sont transmis à un serveur central qui se charge également de distribuer les tâches parmi les unités de calcul.

Des amateurs, comme les radioastronomes amateurs et les radioamateurs, vont même jusqu'à monter chez eux leurs propres radiotélescopes SETI. Pour cela, ils utilisent des récepteurs radio très sensibles, permettant de surveiller la fréquence de l'hydrogène neutre dans les 1 420 MHz (UHF) et de petites paraboles de 3 à 5 mètres de diamètre comme antennes.



Le **message d'Arecibo** est un message radio qui a été émis vers l'espace lors d'une cérémonie pour marquer la transformation du radiotélescope d'Arecibo en 1974. Il a été envoyé vers l'amas globulaire M13 qui se trouve à 25 000 années-lumière et consiste en 1 679 bits. Le nombre 1 679 a été choisi parce qu'il est le produit de deux nombres premiers et ne peut donc être divisé qu'en 23 lignes et 73 colonnes, ou 73 lignes et 23 colonnes. Cela suppose que ceux qui pourraient le lire choisiront de l'arranger comme un quadrilatère (voir paragraphe « Décodage du message »). L'information arrangée de la première façon ne présente aucun sens alors que si elle est arrangée de la seconde façon, l'image contient des informations à propos de la Terre et de l'humanité. Si on lit de gauche à droite, elle montre les nombres de un à dix, les numéros atomiques de l'hydrogène, carbone, azote, oxygène et phosphore, les formules chimiques des sucres et bases dans les nucléotides de l'ADN, les nombres de nucléotides dans l'ADN, la structure en double hélice de l'ADN, un croquis de l'être humain et sa taille, la population de la Terre, le Système solaire, et une image du radiotélescope d'Arecibo avec son diamètre.

Parce que le message mettra 25 000 années pour atteindre la destination voulue (et autant à une éventuelle réponse pour nous revenir), le message d'Arecibo était plus une démonstration de l'avancée technologique de l'homme qu'un réel essai d'entrer en contact avec une civilisation extraterrestre.

DRAKE Franck (1930) – astronome américain

Fondateur du projet SETI, il travaille au radiotélescope d'ARECIBO

Il a créé une célèbre équation en 1961 afin de tenter d'estimer le nombre potentiel de civilisations extraterrestres dans notre galaxie avec qui nous pourrions

entrer en contact. Le principal objet de cette équation pour les scientifiques est de déterminer ses facteurs, afin de connaître le nombre probable de ces civilisations. Cette équation est souvent mise en balance avec le paradoxe de Fermi qui, avec des méthodes différentes, formule une conclusion diamétralement opposée à celle de Drake. L'équation proprement dite est un produit de sept facteurs :

$$N = R^* \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c \times L$$

où :

N est le nombre de civilisations extraterrestres dans notre galaxie avec lesquelles nous pourrions entrer en contact et :

R^* est le nombre d'étoiles en formation par an dans notre galaxie ;

f_p est la fraction de ces étoiles possédant des planètes ;

n_e est le nombre moyen de planètes potentiellement propices à la vie par étoile ;

f_l est la fraction de ces planètes sur lesquelles la vie apparaît effectivement ;

f_i est la fraction de ces planètes sur lesquelles apparaît une vie intelligente ;

f_c est la fraction de ces planètes capables et désireuses de communiquer ;

fL est la durée de vie moyenne d'une civilisation, en années.

HISTORIQUE

Karl Jansky découvre en 1933 un signal radio avec une période de 23 heures 56 minutes, soit un jour sidéral, la période caractéristique du passage des étoiles fixes. C'est le premier signal radio d'origine extraterrestre capté sur Terre. En 1937, Grote Reber, n'ayant pas réussi à se faire engager dans l'équipe de Jansky, construit un radiotélescope à ses propres frais pour explorer l'espace dans le domaine radio, en amateur.

Après la Seconde Guerre mondiale, les recherches commencent sur une plus grande échelle avec du matériel militaire recyclé (radars). En France, à partir de 1947 Yves Rocard avec deux antennes d'origine allemande de 7,5 m de diamètre crée un service d'observation dirigé par Jean-François Denisse. En 1952 il obtient les moyens pour construire un plus grand observatoire la Station de radioastronomie de Nançay (Cher) avec 32 radiotélescopes alignés, inaugurée en 1956.

Le 25 mars 1951, Harold Ewen et Edward Purcell détectent la raie 21 cm de l'hydrogène neutre dans la Voie lactée.

En 1963, Arno Allan Penzias et Robert Woodrow Wilson découvrent le rayonnement fossile du Big Bang prévu par George Gamow en essayant d'éliminer un bruit de fond dans leur équipement.

En 1967, à l'Université de Cambridge, Jocelyne Bell Burnell détecte, par hasard, le premier pulsar. Elle travaille avec Antony Hewish et quelques autres à la fabrication d'un radiotélescope destiné à l'étude des quasars. En 1967, examinant les enregistrements du radiotélescope, Bell remarque un signal différent des signaux radio-astronomiques connus, dont la position, sur la sphère céleste, semble constante et dont les pulsations, environ une

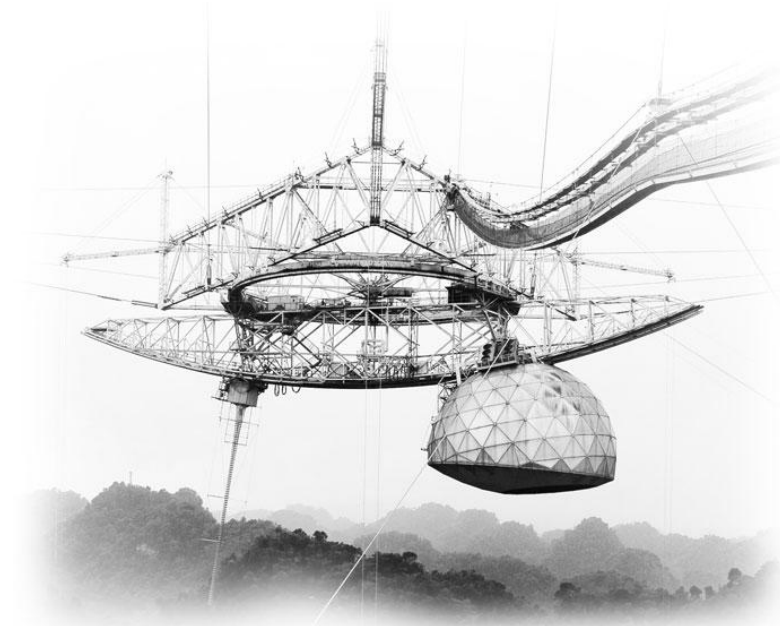
par seconde, sont régulières, la source est par la suite identifiée comme étant une étoile à neutrons. Elle découvre ainsi le premier pulsar, découverte pour laquelle son directeur de thèse Antony Hewish obtient le prix Nobel en 1974, ce qui déclenche une très vive controverse initiée par Fred Hoyle et relayée par d'autres confrères, scandalisés de voir ce prix prestigieux remis à un directeur de thèse, au lieu d'être remis à la personne ayant fait la découverte au motif qu'elle était simplement étudiante ou parce que c'était une femme.

En 1974, J.H. TAYLOR (Prix Nobel de Physique en 1993) découvre le premier Pulsar binaire PSR B 191+16, avec le radiotélescope d'Arecibo. Premier pulsar recyclé: une étoile à neutrons dont la rotation a été accélérée par un transfert de sa masse sur son étoile compagnon.



Les radioastronomes amateurs ne sont pas en concurrence avec les radioastronomes professionnels. Ils ne sont pas organisés à cette fin et savent pertinemment qu'ils ne possèdent pas les compétences et les moyens nécessaires pour mener de véritables travaux de haut niveau. Ils ne développent pas non plus une manière alternative d'effectuer des recherches dans cette science.

Bien que de nombreuses activités en direction du grand public et certains articles de revues puissent le laisser penser, la radioastronomie amateur n'est pas non plus assimilable à la vulgarisation scientifique. Les amateurs savent qu'ils pratiquent un loisir culturel, mais pour la plupart d'entre eux, il s'agit plus que de « comprendre » le ciel, les astres, l'univers; c'est pour eux un ensemble de pratiques actives stimulées par le goût de la découverte .



ARACIBO