

## L'observatoire d'Arecibo

Frédéric Pitout, observatoire Midi-Pyrénées,  
Institut de recherche en astrophysique et planétologie, Toulouse.

*Petit survol d'un grand de la radioastronomie, connu aussi pour avoir envoyé le premier message aux extraterrestres.*

Le radiotélescope d'Arecibo est un morceau d'histoire, presque une star à lui tout seul dans le monde de l'astronomie et bien au-delà. Nous avons tous déjà vu dans un film, une série télé, un documentaire ou même un jeu vidéo cette immense antenne radio lovée dans le creux d'un effondrement géologique. Retour sur une icône.

### Avant tout un radar

Mis en service en 1963, le radiotélescope d'Arecibo possède un miroir primaire de 305 m de diamètre. Il se trouve dans la partie ouest de l'île de Porto Rico, près de la commune d'Arecibo et constitue l'unique instrument de l'observatoire dont le nom officiel est National Astronomy and Ionosphere Center (NAIC). Il faut savoir que cet instrument est un radar avant d'être un radiotélescope. Alors qu'un radiotélescope se contente de recevoir les ondes radio émises par des sources naturelles (planètes, pulsars, etc.), un

radar est actif : il émet une onde électromagnétique dans le domaine radio et observe le signal renvoyé (rétrodiffusé pour être précis) par la cible. En effet, dans les années 1960, son concepteur William Gordon de l'université de Cornell avait une idée bien précise en tête : l'étude de l'ionosphère, la partie partiellement ionisée de la haute atmosphère (au-dessus de 70 km). En vertu de la théorie de la diffusion dite incohérente, on émet une onde radio vers l'atmosphère et à partir des propriétés du signal rétrodiffusé par les électrons libres de l'ionosphère, on déduit des paramètres comme la concentration électronique, les températures électroniques et ioniques, ainsi qu'une composante de la vitesse ionique.

Évidemment, un système actif peut facilement se transformer en système passif comme un « vulgaire » radiotélescope.



*Fig.1. Antenne de l'Observatoire d'Arecibo (avec l'aimable autorisation de l'Observatoire d'Arecibo, un établissement de la NSF).*

## Un choix technique particulier

Étant donné sa taille, il n'était pas question de pouvoir pointer à volonté l'antenne d'Arecibo vers telle ou telle direction. En conséquence de quoi, elle n'est pas un paraboloïde comme la majeure partie des radiotélescopes ou des radars. Au lieu de cela, l'antenne a une forme sphérique, ce qui permet d'observer jusqu'à environ  $15^\circ$  autour de la direction du zénith en ajustant la position de la tête émettrice/réceptrice. L'autre contrepartie de cette sphéricité, c'est qu'il n'y a pas un point focal unique mais que les rayons convergent vers une ligne focale (en clair, Arecibo est astigmatique !). C'est la raison pour laquelle les ondes sont émises et reçues par une ligne d'émission/réception (line feed en anglais) de 36 m de long dont la position peut être ajustée selon la direction de pointage voulue (figure 2). Cette ligne d'émission émet et reçoit à la fréquence de 430 Mhz, et est utilisée pour l'étude de l'ionosphère.



**Fig.2.** Suspendues à quelque 150 m de haut, les têtes d'émission/réception sur leur rail en arc de cercle. À gauche, la ligne d'émission/réception pointe vers le bas et à droite se trouve la demi-sphère du système grégorien (crédit T. Ulich).

Pour le sondage radar de petits corps (astéroïdes) ou des planètes, ainsi que pour l'observation passive de sources radio astrophysiques, une plus grande précision de pointage est requise et c'est le système dit grégorien (Gregorian feed) qui est utilisé pour sélectionner les ondes qui arrivent à un point précis

sur la ligne focale et donc qui proviennent d'une direction plus précise. Ce système se trouve dans la demi-sphère visible sur la figure 2 et renferme les miroirs secondaire et tertiaire qui acheminent le signal radio vers les récepteurs. Il couvre une gamme de fréquences importante, de 300 MHz à 10 GHz.

## Quelques découvertes phares

Une des premières applications – en mode radar – fut de préciser la vitesse de rotation de Mercure. Elle fut mesurée en 1964 à 59 jours, alors que jusqu'alors, on pensait la planète en rotation synchrone (88 jours).

En 1968, Arecibo a permis d'observer un pulsar de période 33 ms dans la nébuleuse du crabe (M1), confortant ainsi l'existence d'un objet qui n'était alors qu'hypothétique, les étoiles à neutrons en rotation rapide. Cette découverte a accredité la thèse de la fin de vie cataclysmique des étoiles massives en supernovæ puis étoiles à neutrons.

En 1972, Russell Hulse et Joseph Taylor découvrent le premier pulsar binaire (PSR B1913+16), ce qui leur vaudra le prix Nobel de physique en 1993.

En 1990, Aleksander Wolszczan découvre le pulsar PSR B1257+12 autour duquel il découvrira deux ans plus tard trois planètes (bizarrement, c'est la découverte d'une planète géante autour de l'étoile Peg 51 par Michel Mayor et Didier Queloz qui reste dans les annales comme la première découverte d'exoplanète ; probablement parce que Peg 51 ressemble plus à notre étoile qu'un pulsar).

## Aujourd'hui

Depuis 2011, l'observatoire d'Arecibo est géré par un consortium d'universités sous la houlette de l'agence scientifique nationale américaine, la NSF. Son temps d'observation est dédié pour 20 % aux études ionosphériques (en mode radar) et 80 % à la radioastronomie. L'antenne d'Arecibo était la plus grande au monde jusqu'en 2016 et la mise en service du radio télescope géant chinois FAST (500 m de diamètre). ■

### La radioastronomie sur le site du CLEA

#### Dans les anciens numéros des Cahiers Clairaut ([clea-astro.eu/archives](http://clea-astro.eu/archives)).

Codage et décodage d'un message aux extraterrestres (Avec nos élèves), n° 157 (2017)

ALMA, grand réseau millimétrique d'Atacama (Reportage), n° 153 (2016)

Le grand radiotélescope de Nançay a 50 ans (Histoire), n° 153 (2016)

Histoire de la radioastronomie en France 1901-1980 (Histoire), n° 149 (2015)

Radioastronomie solaire (Avec nos élèves), n° 84 (1998)

Les radio planètes (Article de fond), n° 50, 1990.

Les noyaux actifs de galaxies (Article de fond), n° 47 (1989)

Les quasars aujourd'hui (article de fond), n° 41 (1988)

(tous les numéros de plus de 3 ans sont en libre accès, les numéros plus récents sont réservés aux abonnés numériques).

#### Sur LUNAP ([clea-astro.eu/lunap](http://clea-astro.eu/lunap))

Notions en bref et compléments à l'onglet Radioastronomie (histoire, régions III, raie à 21 cm, les radiotélescopes, résultats).