



Jocelyn Bell en décembre 2018, lorsqu'elle a reçu la grande médaille de l'Académie des sciences à Paris.

Jocelyn Bell Burnell, découvreuse des pulsars

Françoise Combes⁽¹⁾ (francoise.combes@obspm.fr) et **Florence Durret⁽²⁾** (durret@iap.fr)

(1) LERMA (UMR CNRS 8112), Observatoire de Paris, 61 avenue de l'Observatoire, 75014 Paris

(2) Institut d'Astrophysique de Paris (UMR CNRS 7095 et Sorbonne Université), 98 bis Bd Arago, 75014 Paris

Née en 1943 à Belfast (Irlande du Nord), Jocelyn Bell est une astrophysicienne britannique reconnue internationalement, pionnière dans le domaine de la radioastronomie : elle a découvert les pulsars en 1967 durant sa thèse à Cambridge (Royaume-Uni). Elle s'est ensuite confirmée comme un des leaders de son domaine.

Tout au long de sa carrière, elle a été également très active au niveau de l'enseignement et de la diffusion des connaissances. Elle a aussi beaucoup œuvré pour la promotion des femmes dans le milieu scientifique.

Thèse de doctorat et découverte des pulsars

Après avoir obtenu son diplôme de Master of Science à l'université de Glasgow, Jocelyn Bell commence sa thèse à Cambridge en 1965, et aide activement à construire le "Four Acre Array", un grand radiotélescope à 81 MHz (longueur d'onde 3,7 m) destiné à observer des quasars, astres lointains tout juste découverts en 1964 par Maarten Schmidt. Son directeur de thèse, Anthony Hewish, et son conseiller de thèse, Martin Ryle, avaient conçu ce projet de radiotélescope spécialisé dans la détection de signaux très variables : les quasars pouvaient être détectés grâce à l'effet de scintillation interplanétaire et interstellaire en radioastronomie (phénomène de turbulence du gaz ionisé, comparable à celui de l'atmosphère en optique), qui doit permettre de distinguer les sources compactes de celles plus étendues.

En 1967, le radiotélescope, constitué de 2048 dipôles couvrant plus de 16 000 m², devient opérationnel et Jocelyn Bell est chargée de traiter et d'analyser les données qu'il produit (fig. 1). Tout le ciel dans le domaine de déclinaison entre $-8^\circ < \delta < 44^\circ$ est scanné une fois par semaine. Après avoir passé des heures interminables à scruter les cartes et analysé des centaines de mètres de papier de résultats (avec un enregistrement toutes les 0,03 secondes), elle remarque certaines anomalies qui ne correspondaient pas aux prédictions des modèles de quasars, et les soumet à l'attention de son directeur de thèse Anthony Hewish. Les signaux proviennent d'une position constante sur la sphère céleste (donc ne correspondent pas à des interférences terrestres), et les pulsations, d'environ une par seconde, sont régulières. Au cours des mois qui ont suivi, l'équipe a systématiquement éliminé toutes les sources

possibles de ces impulsions radio, jusqu'à pouvoir en déduire qu'elles ont été produites par des étoiles à neutrons, étoiles effondrées trop peu massives pour former des trous noirs.

La source, qui avait été temporairement baptisée LGM-1 (*Little Green Men-1*) ou « Petits Hommes verts-1 », en référence à une origine potentiellement artificielle, est donc par la suite identifiée comme étant une étoile à neutrons en rotation rapide, émettant à chaque tour une impulsion radio vers l'observateur, d'où le nom de « pulsar » qui lui a été donné. En l'espace de quelques mois, Jocelyn Bell a ensuite détecté quatre autres pulsars, de périodes également de l'ordre d'une seconde, venant de différentes régions du ciel.

Ces découvertes ont été publiées dans le numéro de février 1968 de la revue *Nature* [1] et ont eu un impact fort et immédiat. Intriguée tant par la nouveauté et l'originalité d'une femme scientifique que par la signification astronomique de la découverte de l'équipe, la presse a beaucoup repris l'histoire et Jocelyn Bell a été l'objet de toutes les attentions. Cette même année, elle a obtenu son doctorat en radioastronomie de l'Université de Cambridge.

Cependant, en 1974, seuls Hewish et Ryle ont reçu le prix Nobel de physique pour leur travail commun, et notamment pour la découverte des pulsars. Beaucoup de membres de la communauté scientifique



© Mullard Radio Astronomy Laboratory

1. Le radiotélescope "Four Acre Array" du Mullard Radio Astronomy Observatory, près de Cambridge (UK), que Jocelyn Bell elle-même a aidé à construire et qui lui a servi à découvrir les pulsars en 1967.

ont soulevé des objections, estimant que Jocelyn Bell avait été injustement oubliée. Mais Jocelyn Bell elle-même a humblement rejeté cette objection, estimant que le prix avait été décerné correctement compte tenu de son statut de doctorante lors de la découverte, bien qu'elle ait également reconnu que la discrimination fondée sur le genre pouvait avoir contribué dans une certaine mesure.

Poursuite de la carrière de Jocelyn Bell

Jocelyn Bell a ensuite travaillé dans les longueurs d'onde X et gamma, sans abandonner la radioastronomie, et a étudié les phénomènes rapidement variables autour des étoiles binaires X, sursauts gamma et quasars. Elle n'a pas vraiment continué à observer les pulsars, mais s'est spécialisée dans les objets très variables, comme les miniquasars dans la Voie lactée (par exemple SS433) ou bien les trous noirs de masse stellaire possédant un compagnon et un disque d'accrétion, qui sont sujets à des sursauts et des variations sur des périodes de quelques jours, comme Cygnus-X1. Ses connaissances approfondies en matière de radioastronomie et dans tout le spectre électromagnétique lui ont valu toute une vie de respect dans la communauté scientifique et une carrière prestigieuse dans le milieu universitaire. Après avoir reçu son doctorat de Cambridge, elle a enseigné et étudié l'astronomie gamma à l'Université

de Southampton. Elle a ensuite passé huit ans comme professeure à l'University College London, où elle s'est concentrée sur l'astronomie en rayons X. Les travaux de Jocelyn Bell ne concernent pas seulement l'astronomie, mais aussi le traitement du signal, notamment la détection des signaux d'amplitude variable et de période extrêmement petite par rapport à la durée de l'expérience.

Au cours de cette même période commence son affiliation à l'Open University, où elle travaillera plus tard en tant que professeure de physique en étudiant les étoiles binaires et à neutrons, et effectuera des recherches en astronomie infrarouge au Royal Observatory à Edimbourg. Elle a été doyenne de la faculté des sciences à l'University of Bath de 2001 à 2004 et professeure invitée dans des institutions aussi prestigieuses que Princeton et Oxford.

La découverte des pulsars a ouvert un nouveau champ d'étude en physique fondamentale. En effet, la très grande stabilité dans le temps des impulsions radio des pulsars permet de les utiliser dans diverses expériences, en particulier dans les tests de la théorie de la relativité générale et la mise en évidence d'ondes gravitationnelles. Une description des propriétés des pulsars et de leurs applications peut être consultée dans l'article récent d'Ismaël Cognard [2].

Une carrière marquée par de nombreux honneurs

En reconnaissance de ses réalisations, Jocelyn Bell a obtenu d'innombrables récompenses et honneurs, y compris ceux de Commandeur puis de Dame de l'Ordre de l'Empire britannique en 1999 et 2007, respectivement ; un prix Oppenheimer en 1978 ; et la médaille Herschel 1989 de la Royal Astronomical Society, dont elle sera présidente de 2002 à 2004. Elle a été présidente de l'Institute of Physics britannique de 2008 à 2010 et présidente de la Royal Society of Edinburgh de 2014 à 2018. Jocelyn Bell a également reçu des diplômes honorifiques d'un éventail d'universités, trop nombreuses pour être mentionnées.

En décembre 2018, elle a reçu la grande médaille de l'Académie des sciences française. À cette occasion, elle a donné une conférence pleine d'humour retraçant son parcours. Elle raconte notamment son syndrome de l'imposteur, au début de sa thèse, lorsqu'elle arrive de Belfast, région peu considérée par les intellectuels de Cambridge. La pression exercée sur les étudiants était tellement forte, qu'une grande partie d'entre eux décidaient eux-mêmes d'abandonner pour éviter d'être renvoyés. Mais elle s'accroche et décide d'aller jusqu'au bout, de donner le meilleur d'elle-même. Elle s'empare des outils qui lui sont donnés à son arrivée, une tenaille, une pince, un fer à souder, pour construire

>>>

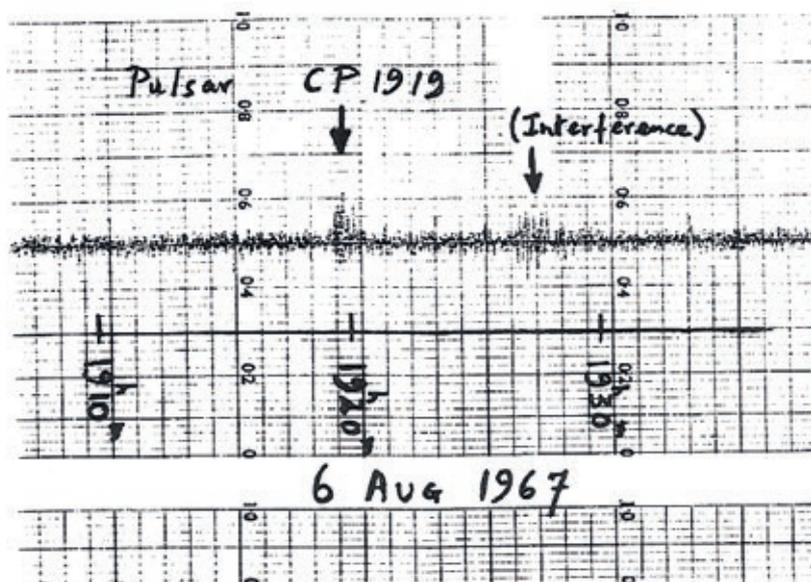
>>>

et câbler le réseau de plus de 2000 antennes du radiotélescope “Four Acre Array” (fig. 1). L’instrument est fixe, et le ciel passe devant les détecteurs : le signal est enregistré en continu sur un rouleau de papier qui défile (fig. 2) et qu’il faut remplacer au moins une fois par jour. Lorsque son œil acéré et expérimenté détecte une anomalie (fig. 3), que quiconque aurait confondue avec une interférence, les discussions avec son directeur de thèse, sceptique quant à la réalité du signal, concluent à la nécessité de faire défiler le papier plus rapidement, pour avoir plus de résolution temporelle. Mais cela implique de changer le rouleau toutes les heures ! Ou alors d’accélérer sa vitesse uniquement lors du passage de l’astre. C’est donc Jocelyn Bell qui, juste avant le passage de l’objet mystérieux, à n’importe quelle heure du jour et de la nuit, devait courir dans la cabane de contrôle pour accélérer la vitesse d’un facteur 10 ou plus.

Parmi les points saillants de sa présentation, on relèvera celui-ci : les pulsars ont failli être découverts plusieurs fois, mais à chaque fois, et pour diverses raisons, le signal a été considéré comme défectueux, et il a fallu toute l’opiniâtreté de Jocelyn Bell pour que la réalité de ce signal soit confirmée. Par exemple, lors d’une journée « portes ouvertes » dans un observatoire, les astronomes montraient au public la



2. Jocelyn Bell en 1967, analysant les signaux sur des rouleaux de papier, de 5,3 km de long au total. Tout se faisait à l’œil, les ordinateurs n’étant pas encore répandus.



3. Enregistrement du signal radio ayant conduit à la découverte des premiers pulsars grâce à leur signal périodique. Dans un premier temps, on a cru à des signaux d’origine humaine, et les premiers pulsars ont été nommés LGM1, LGM2, etc. (LGM pour *Little Green Men*, petits hommes verts). Ici, le pulsar CP1919 (Cambridge Pulsar 1919, aujourd’hui appelé PSR B1919+21).

nébuleuse du Crabe, qui est le résultat de l’explosion de la supernova observée par des astronomes chinois en 1054. Au centre de la nébuleuse, le résidu de l’étoile qui a explosé est une étoile à neutrons. On sait aujourd’hui qu’il s’agit d’un pulsar ayant une période de rotation de 33 millisecondes (ms). Une région lumineuse nous envoie donc un signal dans les longueurs d’onde visibles toutes les 33 ms. Une visiteuse dit alors à l’astronome guidant le public, que l’étoile au centre est variable, elle papillote et envoie des flashes. L’astronome lui explique de façon condescendante qu’il s’agit de la turbulence de l’atmosphère qui fait scintiller les étoiles. Mais la visiteuse lui répond sèchement : « je suis pilote d’avion, je connais la scintillation, monsieur : cette étoile est variable ! ». Il existe en effet des humains capables de détecter des variations de lumière à l’échelle de trois centièmes de seconde !

Lorsqu’il s’est agi de publier les résultats obtenus par Jocelyn, son directeur de thèse, Anthony Hewish, a signé le papier en premier auteur. Lors de la conférence de presse qui a suivi, les journalistes posaient des questions scientifiques à Hewish, mais demandaient à Jocelyn uniquement des détails sur sa vie privée ! Ceci a fortement choqué la jeune scientifique à l’époque, et est certainement à l’origine de toutes ses actions en faveur des femmes et de la science.

Jocelyn Bell s’est beaucoup investie pour améliorer les conditions de carrière des femmes scientifiques. Elle a été présidente de “Women in Science” pour la Société Royale d’Edimbourg, et active pour l’association des femmes en STEM (Science, Technology, Engineering and Maths). Infatigable, elle est intervenue dans de nombreuses conférences à ce sujet, dont on peut voir des vidéos sur Internet [3].

En 2018, elle a aussi reçu le prix de trois millions de dollars du “Breakthrough Prize” en physique fondamentale, prix créé en 2012 par les fondateurs de Facebook et Google. Jocelyn Bell a aussitôt décidé de consacrer cette somme au financement des travaux de thèse menés par des jeunes femmes et des membres de toutes les minorités, sans oublier les chercheurs réfugiés. Elle met ainsi sa générosité au service de la diversité en science, une valeur qui lui est très chère. ■

Références

1. A. Hewish, S.J. Bell *et al.*, *Nature* **217** (1968) 709-713.
2. I. Cognard, « Les pulsars radio : 50 ans de découvertes ! », *Reflets de la physique* **59** (2018) 26-31.
3. www.youtube.com/watch?v=jp7amRdr30Y