

Radioastronomie sur fréquence de 20.2 MHZ : essais préliminaires du radiotélescope de la Station-Observatoire de Montfleury, Genève

Autor(en): **Keller, M. / Keller, J.J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen
Gesellschaft**

Band (Jahr): **7 (1962)**

Heft 77

PDF erstellt am: **19.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-900016>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

RADIOASTRONOMIE SUR FREQUENCE DE 20,2 MHZ

ESSAIS PRELIMINAIRES DU RADIOTELESCOPE DE LA STATION-OBSERVATOIRE DE MONTFLEURY – GENEVE

Par M. et J. J. Keller, Genève

I. INTRODUCTION

L'Astronomie est aussi vieille que le Monde. Parmi les documents manuscrits les plus anciens que nous possédons se trouvent des textes qui nous révèlent les connaissances parfois étendues dont pouvaient s'enorgueillir certaines civilisations. Ainsi, les astronomes (ou prêtres) babyloniens divisaient l'année en 12 mois, et savaient reconnaître les constellations touchées par la trajectoire solaire.

Mille ans avant J.C., Grecs, Chinois ou Babyloniens étaient à même de prévoir les éclipses de la Lune ou du Soleil, grâce aux observations régulières qu'ils avaient faites.

Des penseurs grecs de génie, ainsi Thalès, Pythagore ou Ptolémée essayèrent d'interpréter les résultats des observations et travaux auxquels ils s'adonnaient; bien des aspects des problèmes posés demeurèrent toutefois mystérieux, et beaucoup de questions sans réponse. Ils gardèrent la conception erronée – mais qui devait demeurer valable durant 1500 ans – que les planètes du système solaire tournaient autour de la Terre.

Puis, au cours d'une période relativement brève de 200 ans, les contributions scientifiques de quelques savants de génie permettent à l'Homme de faire des progrès immenses dans la connaissance de «notre» système solaire. En effet, Copernic montre que les planètes se meuvent autour du Soleil, et non autour de la Terre, comme on le croyait jusqu'alors; Képler démontre que les orbites planétaires sont des ellipses, et non des cercles; Newton enfin révèle que les mouvements planétaires sont fonction de l'attraction solaire.

Galilée introduit l'usage du télescope en astronomie, élargissant ainsi de manière sensible les possibilités d'investigation du ciel étoilé, jusqu'alors réduites. Il étudie le Soleil et ses taches, Jupiter et ses satellites, observe Saturne et les anneaux qui entourent la planète, et relate la similitude des phases de Vénus avec celles de la Lune.

Il faut attendre la fin du XVIII^e siècle pour voir apparaître des instruments d'observation permettant l'étude d'objets situés au-delà des limites du système solaire. En Grande-Bretagne, en effet, les Herschel, père et fils, réalisent le premier grand télescope, dont l'ouverture atteint 122 cm, et qui leur permet d'attaquer le problème de la structure du cosmos. Leur conclusion: l'Univers est un gigantesque système d'étoiles se mouvant autour de son centre de masse commun. Lord Ross, en 1846, identifie avec son télescope de 210 cm de diamètre une nébuleuse spirale qu'il estime être une immense agglomération d'étoiles et de matière lumineuse. En 1920, enfin, Hubble s'attaque avec succès au problème de la distance et de l'espacement des nébuleuses, démontre qu'il s'agit de galaxies en expansion, dont beaucoup sont semblables à « notre » propre Voie Lactée, et qui s'éloignent l'une de l'autre à des vitesses très élevées.

Ainsi se trouvent résumées les connaissances de « l'infiniment grand » lorsque prend naissance, 10 ans plus tard, ce qu'on appellera la *Radioastronomie*. De quoi s'agit-il ?

En 1931, l'Américain Jansky, travaillant pour le compte des « Bell Telephone Laboratories », étudie les perturbations atmosphériques et leur influence sur les communications radioélectriques, ceci sur la longueur d'ondes de 14.6 mètres. Il découvre alors que le bruit de fond détecté par son récepteur, et capté grâce à une antenne rotative de grandes dimensions, accuse une variation diurne régulière, non seulement en intensité, mais également en direction. En effet, la réception du bruit de fond est plus intense lorsqu'un certain point du ciel passe devant l'antenne, et le maximum d'intensité se répète toutes les 23 heures et 56 minutes. Jansky en conclut à l'existence d'une source de rayonnement radioélectrique extraterrestre dont l'origine demeure un mystère absolu.

Malheureusement, la portée de cette découverte devait demeurer ignorée, et les conclusions de Jansky n'intéressèrent les astronomes que beaucoup plus tard, soit après la guerre.

Durant les hostilités 1939/45 cependant, quelques observations étonnantes furent faites, d'une manière d'ailleurs fortuite. En 1942, en effet, le Soleil se manifesta pour la première fois comme source intense de rayonnement radioélectrique, en brouillant à diverses reprises la réception des appareils de radar anglais sur ondes métriques. Quelque temps plus tard, on observe un phénomène bizarre: le passage de météorites et leur combustion lors de leur entrée dans l'atmosphère ter-

restre laisse une trace sur les écrans des appareils de détection militaires, trace qu'on attribuait tout d'abord à la présence d'avions ennemis !

Après la guerre, on devait se rappeler ces expériences, lesquelles donnèrent d'ailleurs naissance à une branche de la radioastronomie appelée *Radarastronomie* ; cette méthode consiste non pas à recevoir les émissions produites par les corps célestes eux-mêmes, mais à émettre des ondes très puissantes en direction de ces corps et à capter les échos qu'ils nous renvoient ; c'est ainsi qu'il a été possible de capter des échos après réflexion sur des météores, sur la Lune et sur certaines planètes.

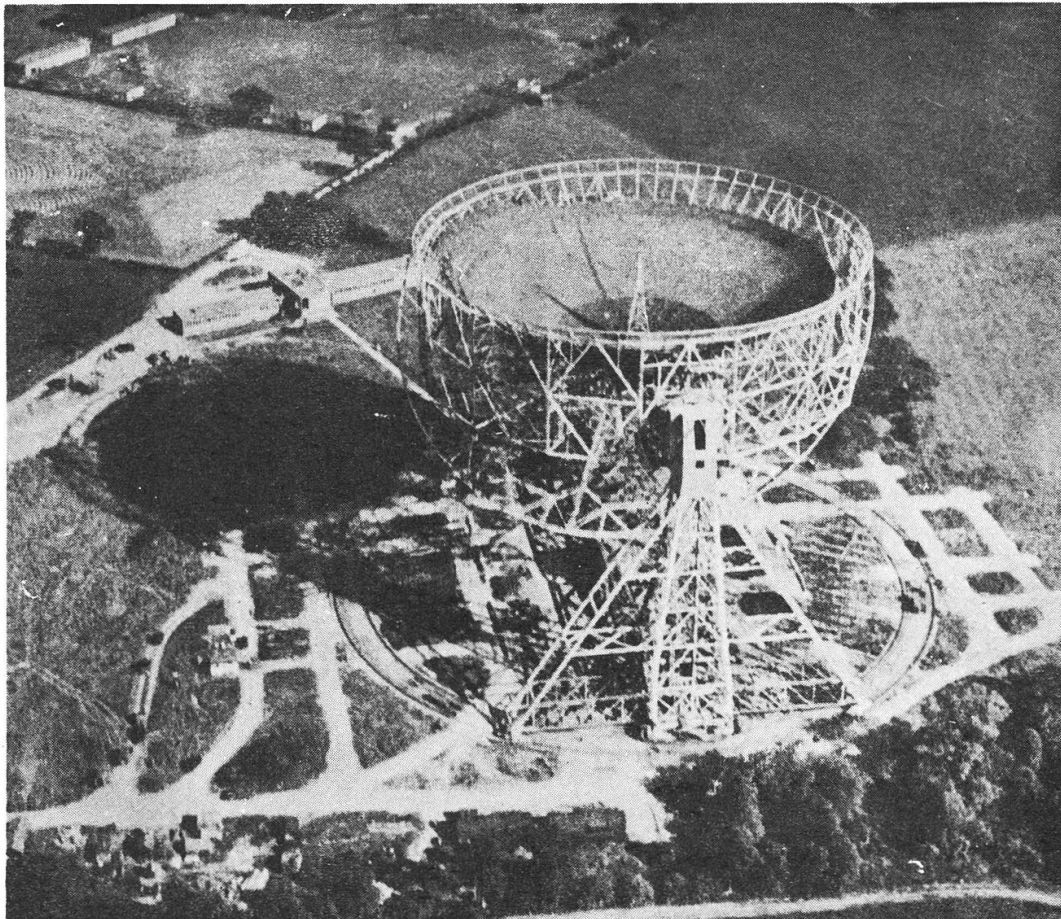


Figure 1 – Vue aérienne de la station radioastronomique de Jodrell Bank, près de Manchester, en Angleterre. Ce radiotélescope parabolique est actuellement le plus grand et le plus puissant du Monde. Ses services ont été appréciés lors d'expériences aussi bien russes qu'américaines, en permettant aux uns de s'assurer de l'impact lunaire de Lunik II, et aux seconds de suivre les émissions de Pioneer V jusqu'à la distance de 36 millions de kilomètres.

Dès 1948, la radioastronomie se développe à pas de géant dans de nombreux pays. Des groupes de recherche fort actifs se forment en Angleterre, en Australie, en Hollande, en France et aux Etats-Unis. Les progrès techniques remarquables réalisés durant la guerre vont favoriser ce développement et lui donner un essor qui jusqu'à aujourd'hui n'a fait que s'accroître; il a permis à la radioastronomie d'obtenir des résultats d'une portée exceptionnelle et a doté l'Astronomie d'un moyen d'investigation perfectionné au point de rendre possible la solution de problèmes cosmogoniques jugés insolubles jusqu'à ce jour.

II. LA RADIOASTRONOMIE – DEFINITION – APERÇU DES MOYENS TECHNIQUES

Le bref aperçu historique qui précède a déjà permis au lecteur d'esquisser une définition de la radioastronomie: elle est le domaine de l'Astronomie ayant pour objet l'étude des corps célestes par les méthodes radioélectriques. Deux techniques sont employées :

- a) l'étude du rayonnement propre des astres;
- b) la réception des échos renvoyés par certains corps célestes, après émission d'impulsions radioélectriques depuis une station terrestre.

Nous rappelons que les ondes radioélectriques composent une fraction du spectre électromagnétique, fraction dont la longueur d'onde varie entre quelques millimètres et quelques kilomètres. Ces ondes sont exactement de même nature que les ondes lumineuses, calorifiques cosmiques ou que les rayons X, dont elles ne diffèrent que par la longueur, donc par la fréquence.

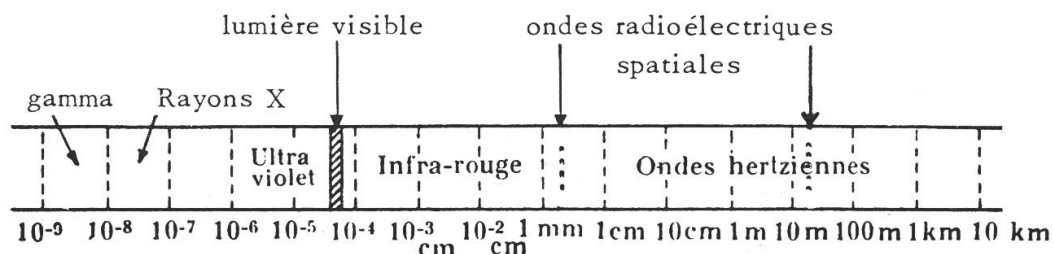


Figure 2 – Spectre électromagnétique.

Ainsi, de l'Antiquité jusqu'à voici une trentaine d'années, l'Homme a dû se limiter à observer et à capter le rayonnement visible des astres, ce rayonnement dont la longueur d'ondes est comprise entre le violet extrême (4×10^{-5} cm) et le rouge profond ($7,2 \times 10^{-5}$ cm). Depuis trois décades, il a découvert une nouvelle « fenêtre », ouverte sur l'espace infini et perméable aux radiations qui en proviennent. Cette zone est limitée à ses deux extrémités. Du côté, des ondes courtes, cette limite se situe à une longueur d'ondes de 3 mm environ, à cause de l'absorption atmosphérique ; du côté opposé, la réflexion ionosphérique rend difficile la réception d'ondes dépassant 30 mètres.

Quels sont les moyens techniques utilisés pour capter le rayonnement radioélectrique des astres ?

En principe, ils gardent une certaine ressemblance avec les installations réceptrices de radio utilisées dans nos foyers pour l'écoute des émissions de radiodiffusion. Nous disons en principe seulement, car en réalité l'antenne et le récepteur auxquels nous sommes habitués sont remplacés par des éléments plus compliqués, très spécialisés, au sujet desquels nous allons faire quelques brèves remarques, quitte à y revenir de manière approfondie lors de prochains articles.

1. antennes

L'antenne unifilaire ou verticale qui orne nos toits devient tout-à-fait insuffisante. En effet, le radioastronome désire recevoir les émissions provenant d'un point déterminé du ciel. Il a donc intérêt à ce que le rayonnement capté par son antenne provienne d'une zone aussi réduite que possible, donc que l'angle *d'ouverture du faisceau d'antenne* soit aussi petit que possible. Il désire également observer des points du Ciel situés en diverses positions ; parfois, il utilisera une antenne *fixe*, et attendra que le ciel défile lentement devant celle-ci ; le plus souvent, le mouvement diurne étant par trop lent, il utilisera une antenne *mobile*, rotative ou inclinable, parfois l'une et l'autre. Il manœuvrera son antenne de manière à diriger le faisceau vers le point du ciel à étudier.

D'autres facteurs jouent un rôle important, tels que surface, gain, pouvoir de résolution, lobes secondaires, largeur de bande ; ces différents facteurs seront étudiés en détail plus tard.

2. récepteurs

Les radiotélescopes du type le plus simple se composent d'une antenne, d'un récepteur, et d'un instrument enregistreur destiné à inscrire les valeurs successives de la puissance reçue, sur une bande de papier. Ces bandes de papier ont quelque peu l'aspect de celles qui équipent nos baromètres et thermomètres enregistreurs, bien connus de chacun.

On pourrait penser de prime abord qu'il suffit, pour perfectionner un radiotélescope, d'augmenter les dimensions de l'antenne d'une part, et d'accroître la sensibilité du récepteur d'autre part.

En réalité, les difficultés d'ordre mécanique, ainsi que le coût exorbitant de telles constructions, limitent les dimensions qu'il est possible de donner à une antenne.

Par ailleurs, si le pouvoir amplificateur d'un récepteur peut être augmenté à l'infini, le bruit de fond inévitable empêche la mise à profit d'une telle amplification. En effet, le rayonnement extra terrestre n'étant pas différent – après détection dans le récepteur – du bruit de fond créé par le passage d'un courant dans un circuit résistif, il se trouve que la distinction entre l'un et l'autre ne peut s'opérer que selon un critère quantitatif, et non pas qualitatif.

En effet, des variations du bruit de fond égales en grandeur aux variations de l'intensité d'une source céleste radioélectrique empêcheront la détection de cette dernière, non par manque de sensibilité du récepteur, mais parce que le bruit de fond sera amplifié dans la même mesure que l'énergie extra terrestre, ce qui impose une limite aux possibilités de détection de celle-ci.

Quelle est l'origine de ce malencontreux bruit de fond ?

On peut citer :

- a) *les perturbations causées par les diverses activités humaines*. Ce sont par exemple celles causées par les étincelles provenant de machines électriques, de moteurs d'automobiles; les lignes aériennes pour chemins de fer, trams, et trolleybus; les laboratoires de recherche nucléaire; les communications radio terrestres.
- b) *les phénomènes naturels*, par exemple les décharges électriques (éclairs); ces perturbations sont beaucoup plus intenses et fréquentes dans les régions tropicales qu'aux latitudes plus « hautes ». L'intensité de ce type de perturbations diminue avec la longueur d'ondes et n'est plus guère gênante au-dessous de 3 mètres.

- c) *l'instabilité du gain du récepteur.* Il est de toute importance que le facteur d'amplification d'un radiotélescope demeure rigoureusement constant. En effet, la moindre variation de ce facteur pourrait être interprétée comme étant une variation de l'énergie provenant de l'antenne, rendant ainsi les résultats des observations complètement illusoires. Pour obtenir une stabilité suffisante, il est donc nécessaire d'utiliser des montages extrêmement soignés, et de stabiliser la tension d'alimentation des installations. Ce problème est ardu, et une installation classique nécessite une stabilisation de la tension dans le rapport de 1/10 000, et le maintien d'une température constante à 1° C près. Certaines installations perfectionnées disposent d'une tension d'alimentation stabilisée dans le rapport de 1/250 000.
- d) *l'instabilité du facteur de bruit du récepteur.* Ce facteur de bruit doit — lui aussi — demeurer rigoureusement constant, sous peine de provoquer les mêmes erreurs que celles mentionnées sous point c. Il est causé principalement par le passage du courant dans les résistances qui entrent dans la composition des circuits du récepteur, comme aussi par le flux électronique dans les lampes. Ce bruit thermique, causé par l'agitation moléculaire, est l'obstacle principal à l'augmentation de la sensibilité des récepteurs.

Il est évident que les récepteurs spécialisés pour la radioastronomie tiennent compte de tous ces facteurs. C'est ainsi que les techniques des alimentations stabilisées ont atteint une très grande perfection. D'autre part, des tubes à faible bruit de fond ont été employés avec un très grand succès. Enfin, des récepteurs fonctionnant selon des principes entièrement nouveaux ont vu le jour; nous citons les récepteurs à mélangeur refroidi, ceux à amplificateur paramétrique, et enfin les amplificateurs «maser».

On voit que les problèmes à résoudre sont nombreux, et que la radioastronomie reste une branche difficilement accessible à l'amateur tant à cause de la complexité des installations que de leur coût élevé.

III. EXPERIENCES A LA STATION-OBSERVATOIRE DE MONT FLEURY - GENEVE

Malgré les difficultés nombreuses inhérentes à un tel projet, nous avons décidé de procéder à des expériences de radioastronomie à notre

station. L'intérêt d'un tel projet réside particulièrement dans la possibilité de procéder *simultanément* à des observations optiques et radio-électriques, et de comparer immédiatement les divers phénomènes.

Les possibilités financières imposent des limites étroites au programme d'une telle station d'amateurs, qui ne bénéficie pas de l'apport illimité de fonds gouvernementaux ! C'est dire qu'un choix judicieux des moyens techniques dut être fait de même qu'il fallut limiter le programme d'expériences et viser la réalisation de travaux valables malgré les moyens réduits. Il s'avéra d'office indispensable de recourir largement à la construction personnelle de l'appareillage.

Notre programme préliminaire s'échelonne sur cinq ans ; la première moitié de cette période est réservée à l'étude du ciel radioélectrique sur 20,2 MHz et à l'établissement d'une carte d'isophotes. La seconde moitié doit voir la construction d'un interféromètre et le travail aux fréquences allant jusqu'à 170 MHz ; la réception du rayonnement sur 21 cm n'est pas encore décidée.

1. Choix du type de radiotélescope

Pour les essais préliminaires dont nous rendons compte aujourd'hui, nous avons utilisé un radiotélescope simple, composé d'une antenne directionnelle mobile en ascension droite et déclinaison, alimentant un récepteur à largeur de bande MF variable ; l'énergie totale reçue est mesurée par un instrument indiquant la valeur de la tension de sortie de l'étage basse fréquence. Les lectures faites à l'instrument sont reportées sur un diagramme, et les différents points équiangulaires reliés entre eux. L'étalonnage du récepteur est assuré au moyen d'une diode à bruit, dont nous parlerons en détail dans un prochain article (voir figure 3).

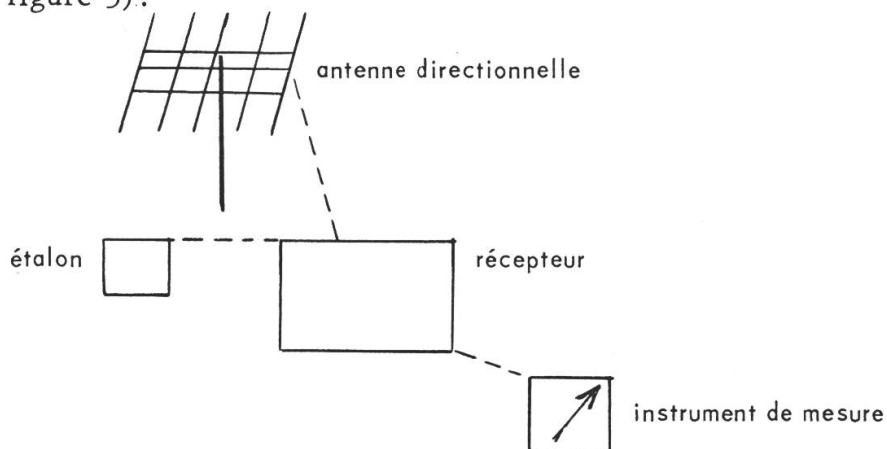


Figure 3 – Schéma du radiotélescope utilisé lors des essais que nous relatons.

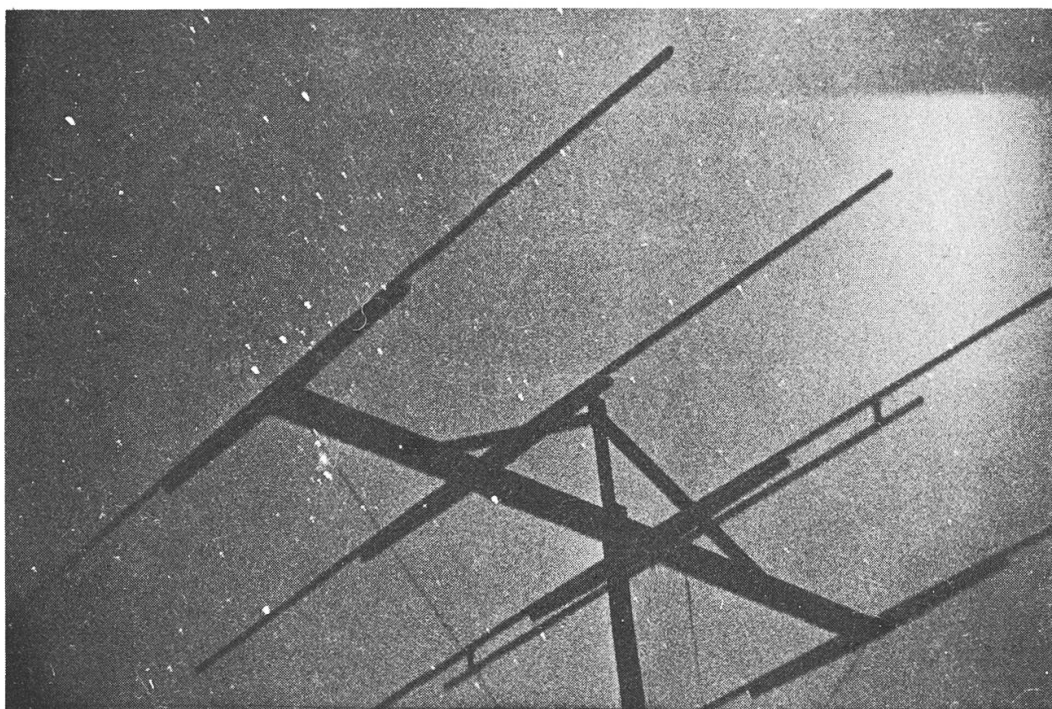


Figure 4 – L'antenne Yagi avec ses éléments parasites. L'adaptation en T est bien visible. (Vue nocturne.)

2. *Choix de l'antenne*

Nous avons construit une antenne de type Yagi, à éléments parasites, et composée d'un élément primaire, d'un réflecteur, et de deux éléments directeurs. La pose d'un troisième élément directeur, destiné à réduire le faisceau directionnel, est actuellement en cours. L'adaptation d'impédance (actuellement 300 ohms) se fait par un dispositif en T; la liaison antenne – récepteur se fait par 20 mètres de ruban méplat, de 300 ohms d'impédance caractéristique.

La hauteur de l'antenne au-dessus du sol est de $\frac{1}{2}$ longueur d'onde, soit de 750 cm; le pylone tournant permet la rotation de l'antenne sur 360° ; un dispositif basculant permet en outre de viser n'importe quel point entre l'horizon et un angle de 80° avec celui-ci.

3. *Rapport d'expériences*

Nous présentons trois diagrammes faits lors des essais préliminaires. Les trois trajectoires des faisceaux sont portées sur le fragment de carte céleste, voir figure 7.

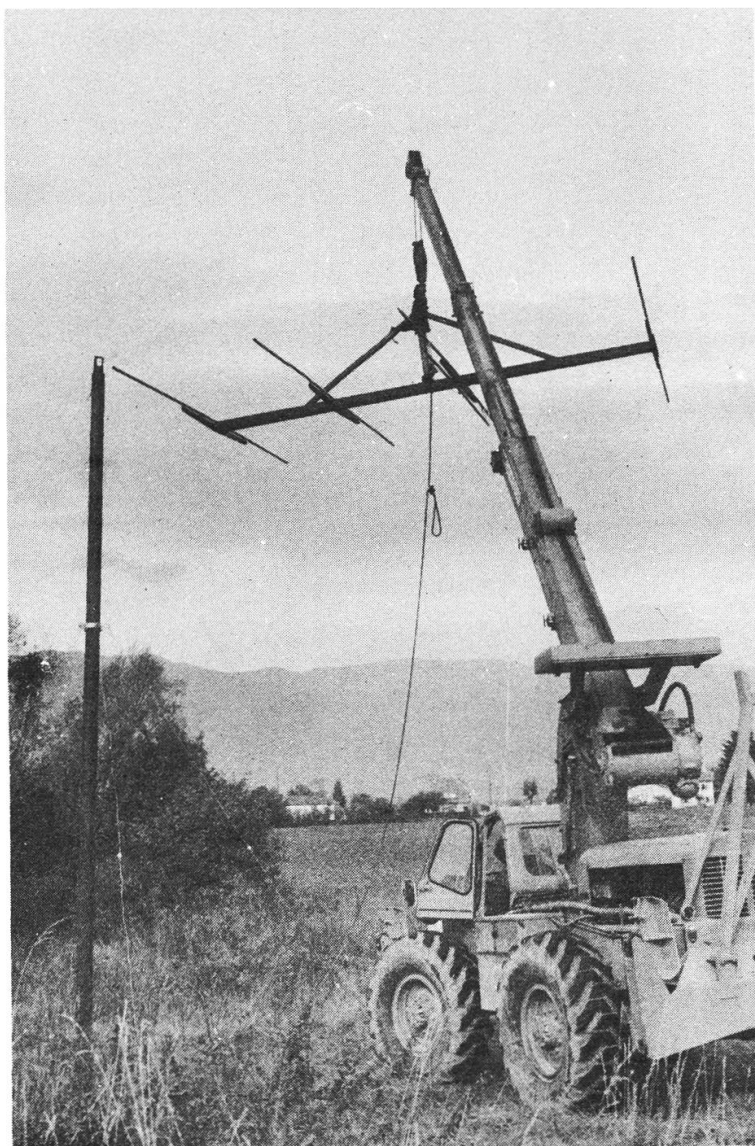


Figure 5 – Phase du montage de l'antenne Yagi.

Le niveau de chaque trajectoire est relatif, puisqu'il est déterminé :

pour la trajectoire N° 2, par alpha de l'Aigle ;
 pour la trajectoire N° 1, par epsilon de Pégase ;
 pour la trajectoire N° 3, par alpha du Dauphin.

Chacune des trois trajectoires décrit un arc de cercle de 140° , soit $+ 70^\circ$ ou $- 70^\circ$ de part et d'autre du point 0. Ces 140° sont reportés sur les diagrammes des figures 8, 9 et 10, permettant ainsi au lecteur de lire la valeur du rayonnement radioélectrique de 5° en 5° , et de

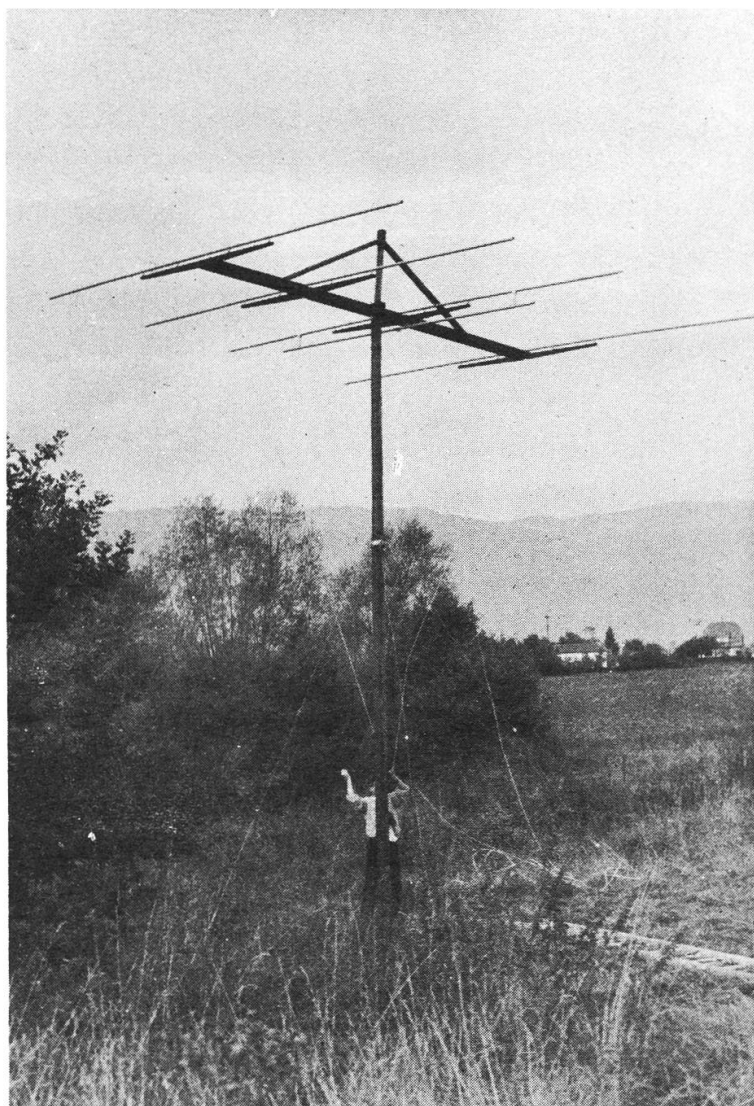


Figure 6 — Autre phase du montage de l'antenne.

voir sur la carte de la figure 7 à quel point du ciel correspond cette lecture.

Le point 0 de chacune des trajectoires est représenté sur la carte par un petit trait double coupant celles-ci.

Par cette méthode, il est possible d'établir une carte du ciel radio-électrique, en portant sur la planisphère les valeurs obtenues lors du balayage systématique du firmament par l'antenne du radiotélescope.

Pour conclure, nous informons ceux qu'intéresse le domaine de la radioastronomie que la possibilité leur est offerte de nous adresser

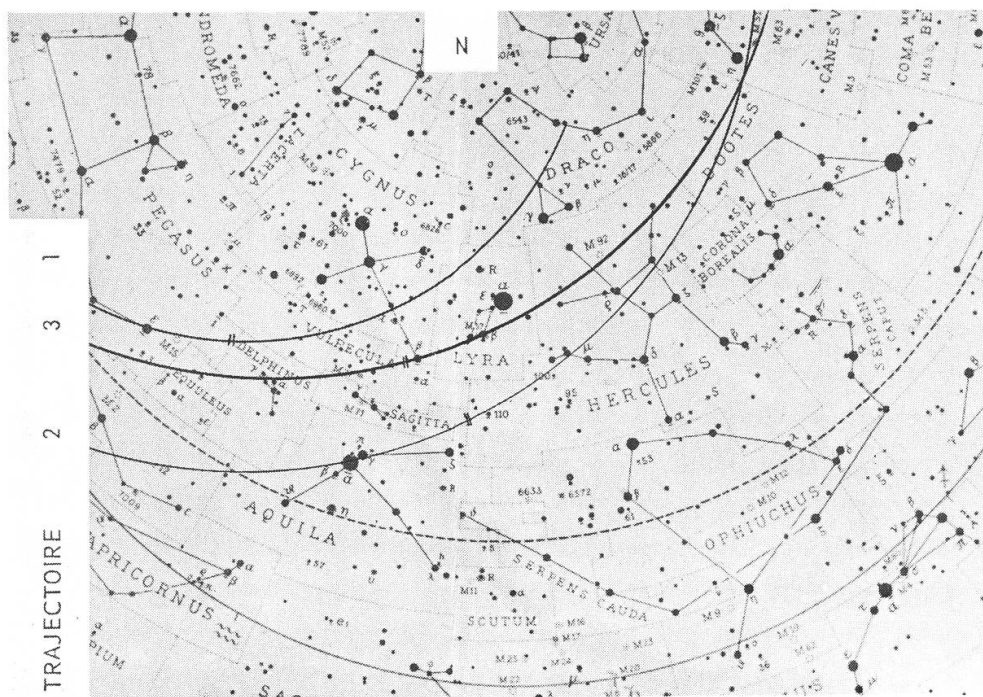


Figure 7 — Fragment de la carte céleste, montrant les trois trajectoires mentionnées dans le texte.

Diagramme de réception de l'émission radioélectrique sur la longueur d'ondes de 20,2 MHz, en provenance de diverses régions de la voie lactée. — L'échelle verticale est graduée en 1/10 de volts. — L'échelle horizontale est divisée en 140 °.

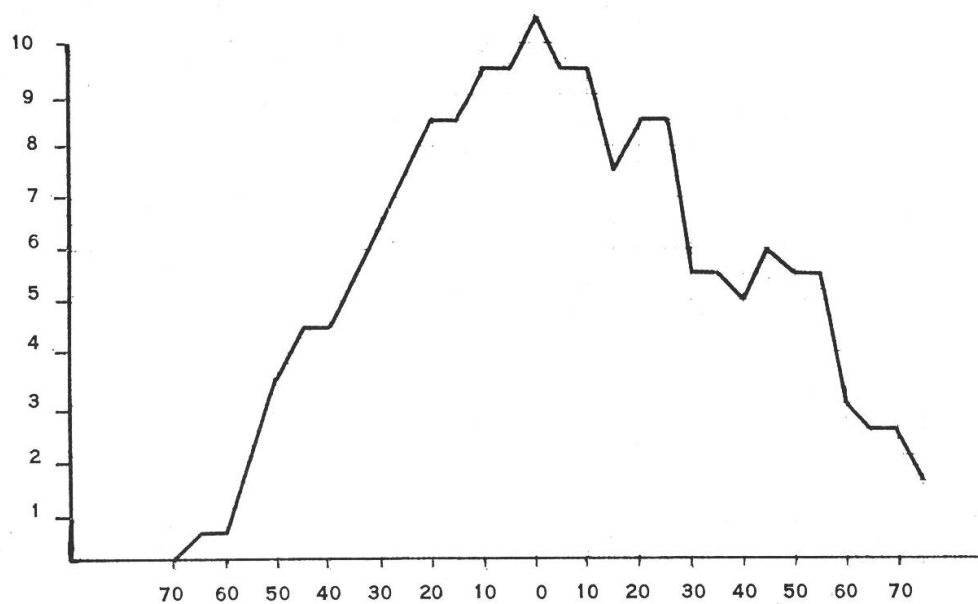


Figure 8 — Trajectoire N° 2. Référence : alpha de l'Aigle.

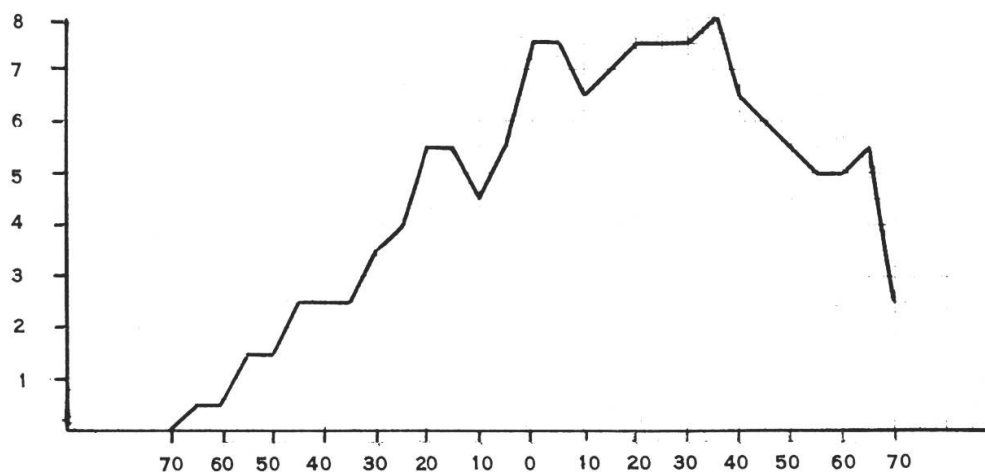


Figure 9 (ci-dessus) — Trajectoire N° 1. Référence: epsilon de Pégase.
 Figure 10 (ci-dessous) — Trajectoire N° 3. Référence: alpha du Dauphin.

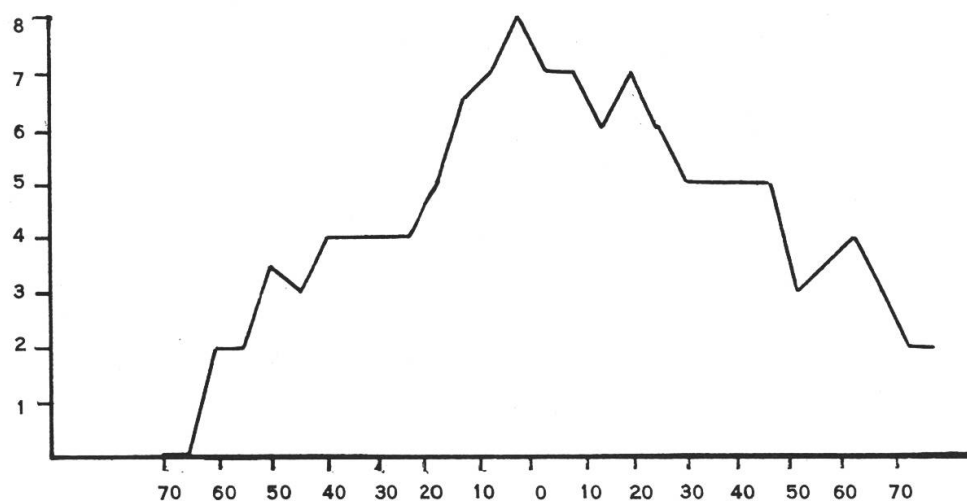


Figure 11 — Photographie montrant la Constellation du Cygne. Elle correspond à un fragment de la région traversée par la trajectoire N° 1.

leurs questions à ce sujet, en écrivant directement à la rédaction française de « Orion », qui transmettra. Si l'intérêt rencontré le justifie, nous formerons un groupe étudiant plus particulièrement certains problèmes touchant à la radioastronomie, et susceptible de participer aux travaux entrepris à notre station-observatoire.



ERRATUM : dans le précédent bulletin (N° 76, avril – juin 1962) une erreur s'est glissée dans l'article de M. S. Cortesi: « Contribution à l'étude de trois nouvelles formations persistantes de Jupiter » : à la page 120, en lieu et place du graphique 6, on a reporté une seconde fois le graphique 4, déjà reproduit à la page 118. Voici le véritable graphique 6 que l'on aurait dû y trouver. Nous nous excusons auprès de l'auteur et de nos lecteurs de cette erreur malencontreuse.

