

40. COMMISSION DE RADIO-ASTRONOMIE

PRÉSIDENT: Dr J. F. Denisse, Observatoire de Paris, Section d'Astrophysique, Meudon (Seine-et-Oise), France.

MEMBRES: Bolton, Coutrez, Daene, Mme Dodson-Prince, Gascoigne, Gold, Haddock, Hagen, Hanbury Brown, Harang, Hatanaka, Hewish, Hey, Khaikin, Kraus, Laffineur, Link, Lovell, McClain, McKinley, MacRae, McVittie, Mills, Minkowski, C. A. Muller, Oort, Pawsey, Reber, Righini, Romana, Rydbeck, Ryle, Seeger, Shklovsky, Siedentopf, F. G. Smith, Mme Stahr Carpenter, Tuominen, van de Hulst, Vitkevitch, J. P. Wild.

INTRODUCTION

Au cours de l'année 1959 sont parus les comptes-rendus du Symposium de Radio-astronomie de Paris (1). Ce livre publié sous les auspices de l'UAI et de l'URSI contient de nombreux papiers originaux et notamment des articles d'introduction et de conclusion qui présentent une vue d'ensemble très complète des recherches radio-astronomiques à la date de la dernière assemblée de l'UAI. Afin d'éviter les redites inutiles il n'est pas fait mention dans ce rapport, sauf exception, du matériel présenté au cours de ce symposium et le lecteur est prié de se reporter éventuellement à la publication correspondante.

Le contenu de ce rapport est basé essentiellement sur les données qui ont été fournies par les membres de la Commission 40. Une annexe à ce rapport, qui donne un exposé du travail au sujet de Radio-Astronomie en l'U.R.S.S., se trouve aux pages 449 et 450.

Nous nous sommes limités ici à l'exposé des résultats d'intérêt astronomique relatifs au Soleil, à la Galaxie et aux sources extra-galactiques. Le résultat des observations sur les planètes et les météores n'ont pas été mentionnés, car ils trouvent mieux leur place dans les rapports des commissions spécialisées correspondantes. On trouvera toutefois indiqués dans la section consacrée au Soleil quelques résultats sur le rayonnement de Jupiter en raison de son caractère particulier.

SOLEIL

Les études sur le Soleil effectuées au cours de l'actuelle période d'activité ont permis de dresser un inventaire à peu près complet des différents types d'émissions auxquels on a affaire, d'analyser leurs circonstances d'apparition et leurs propriétés globales. Toutes ces recherches nous apportent une peinture assez cohérente de ce qu'on peut appeler un centre d'activité solaire radio-électrique, mais elles montrent aussi que l'on est encore loin de pouvoir donner de ces émissions une interprétation satisfaisante et d'en comprendre la signification physique (2).

Suivant leur durée de vie on peut classer les sources d'émission radio-électrique en plusieurs catégories:

- (a) les émissions thermiques de l'ensemble de l'atmosphère solaire.
 - (b) des émissions thermiques d'origine chromosphérique et coronale qui paraissent associées aux facules et durent autant qu'elles.
 - (c) des émissions de durée de vie plus courte (de l'ordre d'une semaine) qui n'apparaissent que pendant les périodes de forte activité des taches: ce sont les 'condensations étroites' et brillantes qui se manifestent sur ondes courtes et les 'orages radio-électriques' sur ondes métriques.
 - (d) enfin, toute une suite d'événements associés plus précisément aux éruptions individuelles, les sursauts de type II, III, IV et V, etc.
- La période qui vient de s'écouler était peu favorable à l'étude de la composante (a).

Les émissions de type (b), *composante lentement variable*, ont fait l'objet d'observations systématiques et très nombreuses qui sont analysées et citées dans deux articles importants (3) (4). On a montré que ces sources d'émission se situent au-dessus des plages faculaires et des régions photosphériques où règne un champ magnétique notable. Elles constituent la base des jets coronaux et s'expliquent bien dans tout le domaine spectral étudié, qui s'étend des ondes centimétriques aux ondes métriques, par le rayonnement thermique de régions chromosphériques et coronales où les températures sont sensiblement égales à celle de l'atmosphère solaire moyenne et la densité électronique un peu supérieure.

Lorsque un centre d'activité présente une activité éruptive exceptionnelle il apparaît sur ondes centimétriques une *condensation étroite* et brillante (5) (6). Ces condensations présentent un certain taux de polarisation circulaire probablement dû aux champs magnétiques des taches associées (6) (7) (8). Newkirk (4) a proposé d'identifier ces émissions au rayonnement thermique de condensations très caractéristiques qui surmontent ces taches actives. A ces condensations étroites correspondent sur ondes plus longues les émissions irrégulières des *orages radio-électriques*, dont l'origine est coronale et la nature certainement non thermique. La durée de vie de ces deux phénomènes est de l'ordre d'une semaine, mais les orages radio-électriques sont surtout observables au voisinage du centre du disque en raison de phénomènes de réfraction qui se produisent dans la couronne (9). Un résultat simple et intéressant a été trouvé concernant la polarisation des orages qui est circulaire; on a montré que les orages situés dans l'hémisphère Nord sont en majorité polarisés à gauche, ceux de l'hémisphère Sud à droite (10); comme des mesures faites au cours du cycle précédent indiquent une règle de polarité inverse, ces résultats montrent que certaines propriétés magnétiques des taches mesurées au niveau de la photosphère se reflètent dans la couronne jusqu'à l'altitude des orages. Plusieurs études ont été consacrées à ces sources d'émission (9) (10) (11) (12) (13) (14) (15) (16) mais il faut reconnaître que les essais d'interprétation de ces phénomènes et en particulier des sursauts de type I restent du domaine des hypothèses (1).

C'est l'étude des phénomènes complexes qui se produisent à la suite des éruptions qui a le plus progressé au cours de ces dernières années. Au début de l'éruption apparaît le sursaut centimétrique dont les inversions de polarisation en fonction de la fréquence observées par les Japonais ont reçu une interprétation due à Cohen (17).

Les mesures de Wild (18) ont confirmé que les sursauts de type III qui se produisent au même moment sont associés à des perturbations qui s'élèvent dans la couronne avec des vitesses apparentes égales à une fraction de celle de la lumière. Plusieurs études intéressantes ont été faites sur la structure fine de ces sursauts (14) (15); de plus on a montré (19) qu'ils étaient fréquemment accompagnés d'un bref continuum observable sur ondes métriques (le sursaut de type V).

Les sursauts de type II apparaissent sur fréquences relativement basses à la fin de cette première phase de l'éruption et correspondent à une perturbation ascendante de vitesse hydrodynamique. Les caractères de ces sursauts ont été étudiés en détail par Roberts (20).

A la suite du passage de cette perturbation se manifestent des sources d'émissions intenses qui prennent diverses formes plus ou moins bien caractérisées: Les sursauts de type IV se présentent essentiellement comme un continuum qui intéresse surtout les basses fréquences (<500 Mc/s) et n'atteint le domaine des ondes centimétriques que dans les cas exceptionnels (21) (22). La source de ces émissions est souvent animée de mouvements ascendants dont la vitesse atteint plusieurs milliers de km/sec (21), (22), (1). Certaines émissions analogues mais stables et de durée exceptionnellement longue, de l'ordre d'une journée, ont fait l'objet d'une étude particulière de Mme Pick (23), qui les désigne sous le nom d'*orages continuum*. Les orages radio-électriques paraissent aussi liés d'une certaine façon aux éruptions, soit qu'ils

débutent ou présentent une recrudescence à la suite de l'éruption (16), soit qu'ils se présentent comme une continuation d'un type IV ou d'un orage continuum (23).

Les sursauts de type IV et les orages continuum sont principalement associés à des éruptions très importantes et à cette occasion les sursauts centimétriques sont aussi de plus longue durée et le spectre de leur rayonnement s'étend alors souvent jusqu'au domaine des ondes métriques. Plusieurs études ont montré que ces éruptions exceptionnelles avaient une grande probabilité de provoquer des effets géophysiques décelables soit par un afflux de rayons cosmiques détectables directement ou par l'apparition d'absorptions polaires exceptionnelles, soit par la manifestation d'orages géomagnétiques (24) (25) (26) (27) (28) (75). Il est remarquable aussi que ces éruptions, comme l'a noté Mrs Dodson-Prince (29) se produisent fréquemment au dessus de l'ombre de la tache associée. Il semble extrêmement probable que les particules de très haute énergie qui sont produites abondamment au cours d'une éruption jouent un rôle essentiel dans l'interprétation des émissions hertziennes qui viennent d'être décrites (18) (2), que le processus du rayonnement produit soit de nature gyromagnétique, synchrotron, Cerenkov ou cohérente du genre oscillations de plasma.

On doit signaler ici des observations récentes sur les émissions de Jupiter (Smith, Warwick) qui semblent indiquer une certaine liaison entre ces émissions et l'activité du Soleil. Toute une série de mesures ont permis d'étendre l'étude du rayonnement non thermique de cette planète jusqu'au domaine des ondes décimétriques (30) ou il paraît variable à l'échelle du mois. Dans ce domaine de longueur d'onde, des mesures de Bolton (31) ont montré que la source des émissions était trois à quatre fois plus étendue que la planète elle-même et que le rayonnement était fortement polarisé linéairement à l'équateur. L'étude théorique de ce problème a été traitée par Field (31).

GALAXIE

Observations de la Raie 21 cm

La publication des résultats obtenus sur le rayonnement d'ensemble de notre Galaxie, d'essentiellement aux travaux des Hollandais, et des Australiens (32) (33), a apporté notamment une connaissance très complète de la distribution générale de l'hydrogène neutre dans la Galaxie, une délimitation des bras galactiques, une mesure de la rotation différentielle et a ouvert la voie à de nombreuses études plus spécialisées qui ont fait l'objet de recherches plus récentes. En particulier la régularité remarquable de la distribution d'ensemble de l'hydrogène galactique a servi de base pour établir un nouveau système de coordonnées galactiques (76).

Régions centrales

La région centrale de notre Galaxie a été étudiée à l'Observatoire de Leyde (34). La structure des deux bras galactiques situés à environ 3 kpc du centre a été précisée ainsi que leur vitesse d'expansion estimée à plus de 50 km/sec. Plus près du centre de la Galaxie, on a découvert l'existence d'un anneau de 600 pc de rayon et d'une centaine de pc d'épaisseur, animé d'un mouvement très rapide de rotation (255 km/sec). Au voisinage immédiat du centre dans un rayon de 300 pc environ, on observe encore un disque d'hydrogène assez dense également en rotation. Ces deux concentrations de gaz, l'anneau comme le disque intérieur, semblent ne présenter aucun mouvement d'expansion.

Autres régions

Plusieurs régions particulièrement intéressantes ont également été étudiées en détail: Orion, Persée, etc. . . . Le résultat de ces observations effectuées principalement aux Observatoires de Leyde et de Groningen n'ont pas encore été publiées: elles montrent d'une façon générale qu'il existe une remarquable corrélation entre les nuages d'hydrogène neutre et les raies d'absorption interstellaire observées en optique.

On a cherché à déceler l'existence d'un champ magnétique interstellaire par la mesure de

l'effet Zeeman de la raie 21 cm observée en absorption dans le spectre de Cas A. Les résultats négatifs de ces observations (35) (36) permettent de fixer une valeur maximum de l'ordre de 10^{-5} gauss au champ magnétique dans les nuages. Cependant l'interprétation de ces résultats en fonction du champ magnétique interstellaire n'est pas encore parfaitement claire.

Les émissions de la raie 21 cm observée de part et d'autre du plan galactique (Van Woerden) peuvent s'interpréter par l'existence d'une distribution de nuages d'hydrogène neutre dont la densité varie exponentiellement avec la distance au plan galactique: l'épaisseur moyenne de cette distribution est de 100 pc, la densité dans le plan galactique, de l'ordre de $2 \cdot 10^5$ nuages par kpc^3 . La vitesse moyenne d'agitation de ces nuages serait de 6 km/sec, leur rayon 3 pc et leur densité interne 13 atomes d'hydrogène par cm^3 (Takakubo).

Des observations interférométriques (Bolton) indiquent une structure fine notable dans les raies d'absorption.

Sources à spectre continu de la Galaxie

Les observations récentes ont apporté des précisions sur les principales sources de ce rayonnement continu actuellement connues de façon relativement satisfaisante.

Sources thermiques—Il faut citer d'abord les observations de Shain sur basses fréquences (19 Mc/s) où nombre de régions H II apparaissent en absorption, la liste de régions H II observée par Wilson et Bolton, les mesures de diamètre et de structure faites à Nançay, les nouvelles cartes galactiques à haute résolution de Seeger, sur 75 cm, et de Mezger, sur 21 cm, où apparaissent de nombreuses régions H II. La plupart de ces observations ne sont pas encore publiées. Notons ici que seules deux nébuleuses planétaires paraissent avoir été détectées, apparemment à la limite des possibilités des appareils utilisés: NGC 7009 et NGC 6543 (Bolton (37) et Haddock). On ne peut encore rien dire quant au mécanisme de ces émissions.

Sources non-thermiques—De nombreuses études de détail non encore publiées ont été faites sur certaines sources galactiques, notamment par les groupes de Cambridge et de Manchester (38). Ces études suggèrent que la majeure partie sinon la totalité du rayonnement non thermique observé au voisinage du plan galactique peut être interprété comme les restes de supernovae explosées au cours des temps passés. Une étude théorique sur cette question a été faite par Shklovsky (39).

Aucune observation particulière n'a été faite sur le halo galactique, mais des mesures précises de dimensions ont porté sur la source Sgr A située au centre de notre Galaxie (40) (41) (42). Cette source centrale sensiblement sphérique et dont le diamètre dépasse à peine 3' a une dimension de l'ordre de 8 kpc, c'est-à-dire tout à fait comparable à la dimension du noyau correspondant observé optiquement au centre de la Nébuleuse d'Andromède. Les données sur son spectre sont encore incertaines: il semble qu'elle corresponde à une source thermique.

Autres Galaxies

Des observations de M 33, M 101 ont permis de mesurer la variation de la densité d'hydrogène avec la distance au centre des galaxies et d'évaluer les vitesses de rotation et la masse totale de ces galaxies (43). Des observations analogues sur M 32, NGC 205 et l'amas de Coma ont donné des résultats négatifs (44) (45). D'autres observations par le groupe de Leyde sur M 51, M 81, M 82, NGC 6822, NGC 4236 et IC 1613 sont en cours de publication.

Le rayonnement dans le continuum des galaxies proches et normales a été étudié par Hanbury Brown et Hazard et par Dewhirst, les résultats sont en cours de publication.

RADIO-SOURCES EXTRA-GALACTIQUES

Les progrès de nos connaissances sur les radio-sources extra-galactiques sont dûes essentiellement:

- (a) à des mesures précises de positions effectuées sur un nombre *relativement* limité de radio-sources qui ont permis de préciser la nature des objets optiques qui leur sont associés;
- (b) à des mesures de diamètre et de structure des radio-sources elles-mêmes avec des appareils à haute résolution.

Les catalogues de radio-sources observées par le groupe de Cambridge (46) (47) et par les australiens (48) ont été confirmés et précisés par le groupe du California Institute of Technology (49) en ce qui concerne les objets les plus intenses. Les précisions atteintes pour une centaine de ces sources sont de l'ordre d'une fraction de minute en ascension droite et de quelques minutes en déclinaison. Elles ont permis de nouvelles recherches en vue d'identification dont les résultats sont décrits dans deux importants articles de Mills (50) et Bolton (37):

- (a) la moitié environ de ces radio-sources sont certainement associées à des objets de magnitude supérieure à la 20^{ème} et non identifiables actuellement;
- (b) 15% peuvent être identifiées sans ambiguïté à des objets en général plus brillants que la 17^{ème} magnitude;
- (c) les autres cas présentent des ambiguïtés d'identification (de récentes mesures sensiblement plus précises (Bolton, communication privée) paraissent avoir réduit cette catégorie au bénéfice de la précédente).

Ces résultats montrent d'abord qu'une fraction importante de l'ensemble des radio-sources détectées sont des objets de grande brillance radio et situées à très grande distance.

Les objets optiques identifiés sont principalement, semble-t-il, des galaxies de type E et S o (avec quelques notables exceptions). Un grand nombre d'entre elles sont doubles mais certaines sont isolées (51) (37) (50). Ce sont en général des galaxies de grande luminosité de magnitude absolue moyenne égale à -20.8 . Nombres d'entre elles présentent des raies d'émission.

Ces identifications ont permis de construire une fonction de luminosité des radio-sources qui paraît sensiblement linéaire (50) (37) avec une pente voisine de 0.5. Cette fonction établie à partir des sources identifiées rend compte convenablement de l'ensemble des sources détectées. Cette fonction de luminosité 'divergente' confirme qu'une fraction substantielle de l'ensemble des radio-sources détectées est à très grande distance; toutefois il n'est pas encore prouvé que la fonction de distribution de l'ensemble de ces sources, dont la pente est par ailleurs fort sensible aux erreurs d'observation (confusion, sensibilité, sélection observationnelle...), puisse actuellement être interprétée en fonction de données d'intérêt cosmologique. Des considérations théoriques sur cette question ont été données par McVittie (52) (53) et Minkowski a considéré le problème des identifications (51). Cet auteur a en outre identifié la radio-source 3 C 295 dans la constellation du Bouvier à une galaxie située dans l'amas de galaxies les plus distantes qui aient été mesurées jusqu'ici avec une vitesse d'éloignement égale à 0.46c.

Les mesures de diamètre apparent et de structure sont dûes principalement à Mills (54), aux groupes de Manchester (55), du California Institute of Technology (37) et de Nançay (42) qui portent sur des résolutions angulaires de l'ordre d'une fraction de minute. Ces observations montrent qu'un grand nombre de radio-sources sont complexes. Beaucoup présentent deux composantes d'amplitude sensiblement égales comme Cygnus A, Ophiuchus A, Hercules A, (Nançay) et Centaurus A (56) (57) (58); d'autres comprennent un halo et une source plus étroite comme Virgo A (42).

L'ensemble de ces observations conduit à attribuer aux radio-sources une dimension moyenne de 80 kpc (37) (avec de très grandes fluctuations autour de cette moyenne (51)) et

de déduire des mesures de diamètre une fonction de luminosité (37) qui s'accorde très bien avec celle qu'on déduit des identifications.

Il est intéressant de noter que les pentes des spectres des radio-sources présentent une très faible dispersion autour de la valeur moyenne -0.7 avec une notable exception pour la source étroite probablement associée au jet de Virgo A (42) dont l'indice spectral, -0.3 , apparente cet objet à la Nébuleuse du Crabe comme d'ailleurs le fait qu'on ait pu détecter dans ces deux astres un certain taux de polarisation à la fois en optique et en radio (59) (60) (61).

A noter deux résultats négatifs, mais importants: l'observation d'une raie d'absorption dans le spectre de Cygnus A coïncidant avec la raie 21 cm déplacée vers le "rouge" a été infirmée (62), et un essai peu concluant en vue de détecter l'hydrogène inter-galactique (63).

Des considérations théoriques sur le problème des radio-sources ont été faites en particulier par Hoyle (64); les observations sont encore trop incomplètes pour que l'on puisse en tirer des conclusions vraiment certaines. Pourtant il semble que l'interprétation des radio-sources comme conséquence d'une collision de deux galaxies ne soit plus tenable; bien qu'il apparaisse que les systèmes multiples soient favorables à leur formation, on peut se demander si il ne s'agit pas plutôt d'un phénomène relativement transitoire et peut-être récurrent (37) (51).

DÉVELOPPEMENTS TECHNIQUES

Il est intéressant de citer ici sans les discuter quelques développements techniques qui sont de nature à améliorer sensiblement les observations radio-astronomiques dans les années à venir.

Dans le domaine solaire, la mise en oeuvre d'un spectrographe dynamique dans la bande des 500 Mc/s a amené l'identification de sursauts d'un type nouveau (Roberts), et on doit attendre d'intéressants résultats d'observations interférométriques (Erickson) et spectrographiques (65) (66) (67) sur fréquences très basses.

Dans le domaine des récepteurs proprement dits, on doit signaler la mise en oeuvre d'un maser de grande sensibilité qui fonctionne dans la bande 1420 Mc/s (68) et qui vient s'ajouter aux autres récepteurs de ce type déjà utilisés sur ondes plus courtes (69). Les amplificateurs paramétriques et les récepteurs à corrélation (70) (71) sont aussi utilisés ou à l'étude dans plusieurs observatoires. Signalons également l'extension des observations dans le domaine des ondes millimétriques (NRL) et l'utilisation des satellites par les canadiens pour les mesures sur ondes très longues.

Dans le domaine des aériens on utilise maintenant des interféromètres à distance variable (37) (42) (55) qui permettent d'atteindre des résolutions qui s'expriment en secondes d'arc. Ces appareils, moyennant une consommation de temps plus grande peuvent être utilisés à la fois pour augmenter la sensibilité des mesures (72) et pour reculer les limites imposées par la confusion pour un aérien de surface donnée (73). Signalons qu'ont été faites des mesures absolues sur Cas A à l'aide d'une antenne en cornet (74). On doit s'attendre à la mise en service dans un très proche avenir de nouveaux aériens de grande puissance en Australie, aux U.S.A. et en France. D'autre part, des projets particulièrement intéressants d'aériens du type 'Croix de Mills' sont à l'étude dans les pays du Bénélux, en Australie à l'Université de Sydney, et en Italie à l'Université de Bologne; le but visé est d'obtenir des aériens à lobe unique dont la largeur n'excède pas quelques minutes d'arc.

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

Deux revues bibliographiques de nature assez différente sont publiées par l'Université de Cornell d'une part, et le CSIRO à Sydney d'autre part. Tous les détails concernant ces bibliographies peuvent être demandés à:

- (a) Martha Stahr Carpenter, editor, Bibliography of Extra-terrestrial Radio Noise, Service of Radiophysics and Space Research, Phillips Hall, Cornell University, Ithaca, N.Y., U.S.A.
 (b) Chief, Division of Radio Physics, CSIRO, University Grounds, Sydney, Australia.

Livres publiés sur la Radio-astronomie

- Anglais: Hanbury Brown, R. and Lovell, A. C. B. *The exploration of space by radio*—Chapman & Hall, Londres, 1957.
 Symp. IAU no. 9. *Paris Symposium on Radio Astronomy*, ed. R. N. Bracewell, Stanford University Press, Stanford, California, 1959.
 Shklovsky, I. S. *Cosmic Radiowaves*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1960.
 Smith, F. G. *Radio Astronomy*, Pelican Books (A479), London, 1960.
- Italien: Hack, M. *La Radioastronomia*, Laterza, Bari, 1960.
- Français: Boisshot, A. *La Radioastronomie*, Masson, Paris, 1960.
 Steinberg, J. L. et Lequeux, J. *Radioastronomie*, Dunod, Paris, 1960.
 Shklovsky, I. S. *Radioastronomie*, Editions en langues étrangères, Moscou, 1958.

J. F. DENISSE
Président de la Commission

RÉFÉRENCES

1. *Paris Symposium on Radio Astronomy*, Ed. R. N. Bracewell, Stanford University Press, Stanford, California, 1959.
2. Denisse, J. F. *Comptes Rendus de l'Assemblée Générale de l'URSI, Londres, 1960—Commission V.*
3. Christiansen, W. N. *et al.* *Ann. Astrophys.* **23**, 102, 1960.
4. Newkirk, G. *Ap. J.* (sous presse).
5. Avignon, Y. and Pick, M. *C.R.* **248**, 368, 1959.
6. Kundu, M. R. *Ann. Astrophys.* **22**, 1, 1959.
7. Akabane, K. *Ann. Obs. astr. Tokyo* **6**, no. 2, 1958.
8. Molcanov, A. P. *Acta astr. Sinica* **7**, 4, 1959.
9. Blum, E. J. and Malinge, A. M. *C.R.* **250**, 3119, 1960.
10. Malinge, A. M. *C.R.* **250**, 1186, 1960.
11. Fokker, A. D. Thèse, Leiden, 1960.
12. Maltby, P. *Nature, Lond.* **184**, 1131, 1959.
13. Suzuki, S. and Morimoto, M. *Publ. astr. Soc. Japan* (en préparation).
14. De Groot, T. *Nature, Lond.* **181**, 1671, 1958.
15. Elgaroy, O. *Nature, Lond.* **184**, 887, 1959.
16. Malinge, A. M. *Ann. Astrophys.* **23**, 574, 1960.
17. Cohen, M. H. *Ap. J.* **131**, 3, 1960.
18. Wild, J. P., Sheridan, K. V. and Neylan, A. A. *Aust. J. Phys.* **12**, 369, 1959.
19. Neylan, A. A. *Aust. J. Phys.* **12**, 399, 1959.
20. Roberts, J. A. *Aust. J. Phys.* **12**, 327, 1959.
21. McLean, D. J. *Aust. J. Phys.* **12**, 404, 1959.
22. Denisse, J. F., Boisshot, A. and Pick-Gutmann, M. *Space Research. Proc. 1st Internat. Space Science Symposium, Nice*, 637, 1960.
23. Pick-Gutmann, M. *C.R.* **250**, 2127, 1960.
24. Obayashi, T. and Hakura, Y. *J. geophys. Res.* **65**, 3131, 1960.
25. Thompson, A. R. and Maxwell, A. *Planet. Space Sci.* **2**, 104, 1960.
26. Avignon, Y. and Pick-Gutmann, M. *C.R.* **249**, 2276, 1959.
27. Warwick, C. Report of Kiruna Conference on Polar Cap Absorption (sous presse).
28. Simon, P. *Ann. Astrophys.* **23**, 102, 1960.

Q*

29. Dodson, H. W. and Hedeman, E. R. Report of Kiruna Conference on Polar Cap Absorption (sous presse).
30. Giordmaine, J. A. *Proc. nat. Acad. Sci., Wash.* **46**, 267, 1960.
31. Field, G. B. *J. geophys. Res.* **64**, 1751, 1959 et **65**, 1661, 1960.
32. Oort, J. H., Kerr, F. J. and Westerhout, G. *M.N.R.A.S.* **118**, 379, 1958.
33. Kerr, F. J. *et al.* *Aust. J. Phys.* **12**, 270, 1959.
34. Rougoor, G. W. and Oort, J. H. *Proc. nat. Acad. Sci., Wash.* **46**, 1, 1960.
35. Galt, J. A., Slater, C. H. and Shuter, W. L. H. *M.N.R.A.S.* **120**, 187, 1960.
36. Davies, R. D., Slater, C. H., Shuter, W. L. H. and Wilde, P. A. T. *Nature, Lond.* **187**, 1088, 1960.
37. Bolton, J. G. 'The discrete sources of cosmic radio emission' Comptes Rendus de l'Assemblée Générale de l'URSI, Londres, 1960—Commission V.
38. Hanbury Brown, R., Davies, R. D. and Hazard, C. *Observatory* **80**, 191, 1960.
39. Shklovsky, I. S. *A. Zh.* **37**, 256, 1960.
40. Drake, F. D. *Sky and Telesc.* **18**, 428, 1959.
41. Parijsky, I. N. *C.R. Acad. Sci. U.R.S.S.* **129**, 1261, 1959.
42. Biraud, F., Lequeux, J. and Le Roux, E. *Observatory* **80**, 116, 1960.
43. Volders, L. *B.A.N.* **14**, 323, 1959.
44. Wentzel, D. G. and Van Woerden, H. *B.A.N.* **14**, 335, 1959.
45. Muller, C. A. *B.A.N.* **14**, 339, 1959.
46. Edge, D. O., Shakeshaft, J. R., McAdam, W. B., Baldwin, J. E. and Archer, S. *R.A.S.* **68**, 37, 1959.
47. Elsmore, B., Ryle, M. and Leslie, P. R. R. *Mem. R.A.S.* **68**, 61, 1959.
48. Mills, B. Y., Slee, O. B. and Hill, E. R. *Aust. J. Phys.* **11**, 360, 1958.
49. Harris, D. E. and Roberts, J. A. 'Radio Source Measurements at 960 Mc/s' (sous presse).
50. Mills, B. Y. *Aust. J. Phys.* **13**, 550, 1960.
51. Minkowski, R. L. *Proc. nat. Acad. Sci., Wash.* **46**, 13, 1960.
52. McVittie, G. C. *IRE Trans. on Military Electronics*, vol. MIL-4, no. 1, 14, 1960.
53. McVittie, G. C. and Wyatt, S. P. *Ap. J.* **130**, 1, 1959.
54. Goddard, B. R., Watkinson, A. and Mills, B. Y. *Aust. J. Phys.* **13**, 1961 (sous presse).
55. Allen, L. R., Palmer, H. P. and Rowson, B. *Nature, Lond.* **188**, 731, 1960.
56. Wade, C. M. *Aust. J. Phys.* **12**, 471, 1959.
57. Twiss, R. Q., Carter, A. W. L. and Little, A. G. *Observatory* **80**, 153, 1960.
58. Bolton, J. G. and Clark, B. G. *P.A.S.P.* **72**, 29, 1960.
59. Kuzmin, A. D. and Udaltsov, V. A. *A. Zh.* **36**, 33, 1959.
60. Sloanaker, R. M. and Nichols, J. H. *Astr. J.* **65**, 109, 1960.
61. Barat, J., Lequeux, J. and Le Roux, E. *C.R.* **251**, 2476, 1960.
62. Davies, R. D. and Jennison, R. C. *Nature, Lond.* **184**, 803, 1959.
63. Field, G. B. *Ap. J.* **129**, 525, 536, 551, 1959.
64. Hoyle, F. *M.N.R.A.S.* **120**, 338, 1960.
65. Sheridan, K. V., Trent, G. H. and Wild, J. P. *Observatory* **78**, 51, 1959.
66. Boischot, A., Lee, R. H. and Warwick, J. W. *Ap. J.* **131**, 61, 1960.
67. Maxwell, A. *Proc. nat. Acad. Sci., Wash.* **46**, 9, 1960.
68. Cooper, B. F. C. *et al.* *Astr. J.* **65**, 486, 1960.
69. Cook, J. J., Cross, L. G., Bair, M. E. and Arnold, C. B. *Proc. Inst. Radio Engrs, N.Y.* 1961 (sous presse).
70. Blum, E. J. *Ann. Astrophys.* **22**, 139, 1959.
71. Blum, E. J. *C.R.* **250**, 3279, 1960.
72. Lequeux, J., Le Roux, E. and Vinokur, M. *C.R.* **249**, 634, 1959.
73. Ryle, M. and Hewish, A. *M.N.R.A.S.* **120**, 220, 1960.
74. National Radio Obs. Report. *Astr. J.* **65**, 546, 1960.
75. Kundu, M. R. and Haddock, F. T. *Nature, Lond.* **186**, 610, 1960.
76. IAU Sub-Commission 33b, *M.N.R.A.S.* **121**, 123, 1960.