

Part V

CORONAL AND INTERPLANETARY STRUCTURE
OF AN ACTIVE REGION

OBSERVATION DES JETS ET CONCENTRATIONS DE LA COURONNE AU-DESSUS DES RÉGIONS ACTIVES

AUDOUIN DOLLFUS

(*Observatoire de Paris-Meudon, 92, France*)

ABSTRACT

The 'K-Coronameters' in use since 1956 at Pic-du-Midi and Meudon Observatories for the study of the white-light corona were replaced in 1963 by new improved instruments.

The coronal activity was continuously recorded from 1964 to 1967. The electron density in the low corona and its variation with height are summarized by curves and maps.

A study is given of the corona streamers above the proton flares area in July and September 1966.

1. Premières études de la couronne solaire par polarimétrie photométrique

Un polarimètre photoélectrique fut installé en 1956 sur le coronographe du Pic-du-Midi, pour déceler et mesurer l'intensité de la lumière diffusée par les électrons dans la couronne solaire. Les premières observations furent commencées en septembre 1956 (Dollfus, 1958*a*). Les grands jets coronaux pouvaient être suivis jusqu'à 35' du bord solaire.

Un instrument plus développé fut ensuite préparé à l'Observatoire de Meudon en 1957. Le polarimètre photoélectrique fut adapté à une lunette conçue pour n'introduire aucune lumière polarisée nuisible (Dollfus, 1958*b*). La sensibilité permit de déceler les jets de la couronne sans coronographe et sans le recours aux stations d'altitude. L'instrument peut fonctionner sous le ciel ordinaire d'un observatoire de plaine.

La lunette fut montée à l'Observatoire de Meudon (altitude 170 m) en 1958; les premières observations de la couronne y furent obtenues en avril. Les séries d'observations de 1959, 1960 et 1961 montrèrent les jets jusqu'à 12' du bord solaire (Dollfus, 1959*a*). Des études furent combinées entre les deux instruments de Meudon et du Pic-du-Midi lors de l'éclipse du 15 février 1961 (Dollfus *et al.*, 1961; Dollfus, 1963).

Ces observations permirent d'établir les propriétés morphologiques suivantes (Dollfus, 1959*b*, 1963; Leroy, 1960):

(1) Les jets et les concentrations de la couronne ne sont pas des phénomènes éphémères, mais persistent plusieurs semaines et quelquefois plusieurs mois. Leur durée de vie est au moins comparable à celle des centres actifs.

(2) La plupart des régions de forte densité électronique dans la couronne sur-

montent les centres actifs présentant des taches, des facules et des émissions radio-électriques centimétriques. D'autres concentrations sont associées à des protubérances quiescentes isolées et des filaments. Certains jets se manifestent jusqu'à des latitudes plus élevées que les centres actifs et ne correspondent à aucun détail chromosphérique (Dollfus, 1959b); ainsi, un grand jet polaire a été étudié en 1959 par J. L. Leroy (1960) à la latitude de $+60^\circ$ pendant plus de 3 mois consécutifs.

(3) Les concentrations coronales sont solidaires de la rotation différentielle de la surface solaire et conservent une position fixe par rapport à la photosphère. La Figure 1 donne par exemple la vitesse de rotation de la couronne à l'altitude de

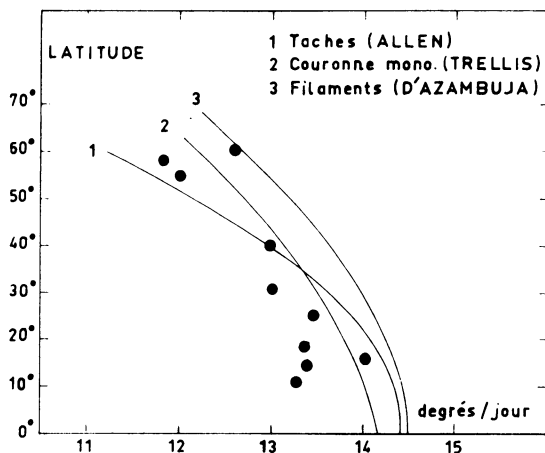


FIG. 1. Rotation des jets de la couronne, identifiés alternativement aux bords est et ouest.

60000 km, exprimée en degrés par jours, pour les formations coronales persistantes les mieux identifiées alternativement aux bords est et ouest. Une légère tendance à un mouvement plus lente que la photosphère près de l'équateur n'est probablement pas significative.

(4) Les grands jets coronaux que l'on peut déceler jusqu'à 1 million km au-delà du bord solaire (soit trois rayons solaires du centre) surmontent souvent les mêmes régions photosphériques pendant plusieurs semaines consécutives sans déformations appréciables. Cette permanence implique un renouvellement fréquent de la matière, ou l'existence de forces plus importantes que celles de la gravitation, telles par exemple que des actions d'origine magnétique.

2. Nouvelle lunette polarimétrique pour l'étude de la couronne

Après ces premières études, nous avons réalisé à l'Observatoire de Meudon, en 1962, l'instrument final permettant de mesurer la quantité de lumière polarisée

calibrée dans une échelle absolue et constante, liée à la densité électronique en différents points de la couronne et dans les jets.

L'objectif coronographique mesure 15 cm de diamètre et 400 cm de distance focale. L'observation s'effectue toujours sur l'axe optique. L'orifice d'entrée du polarimètre est placé au centre du champ, il sous-tend au choix 60" et 120" sur le Soleil. La lunette décrit par rapport au berceau fixe un mouvement conique permettant de balayer tout le tour du disque solaire à une distance du bord choisie. Simultanément, la lunette tourne sur elle-même autour d'un axe passant par les centres de l'objectif et de l'orifice du polarimètre, afin de mesurer toujours la composante de lumière polarisée dans la direction parallèle aux bords solaires (Figure 2). Selon cette disposition, la faible polarisation résiduelle que peut introduire l'instrument reste constante et indépendante de l'azimut visé; on l'annule complètement par compensation pour le centre du disque solaire.

Les mesures se font par compensation, selon une méthode de zéro, en annulant la quantité de lumière polarisée observée à l'aide d'un flux lumineux auxiliaire réglable, polarisé en sens inverse. Cette lumière auxiliaire provient du centre de l'image du disque solaire. Les mesures sont ainsi calibrées dans une échelle absolue de luminance. Les mesures sont indépendantes de la stabilité de l'électronique, exemptes de dérive, et elles se rapportent à une source invariable, le centre du disque solaire.

Afin de déceler les variations de la polarisation que peut donner la lumière du ciel, les mesures sont généralement effectuées tout autour du Soleil, une première fois de 10° en 10°, puis une deuxième fois de 5° en 15°, etc...; l'accord des deux séries, garantit la fidélité des mesures.

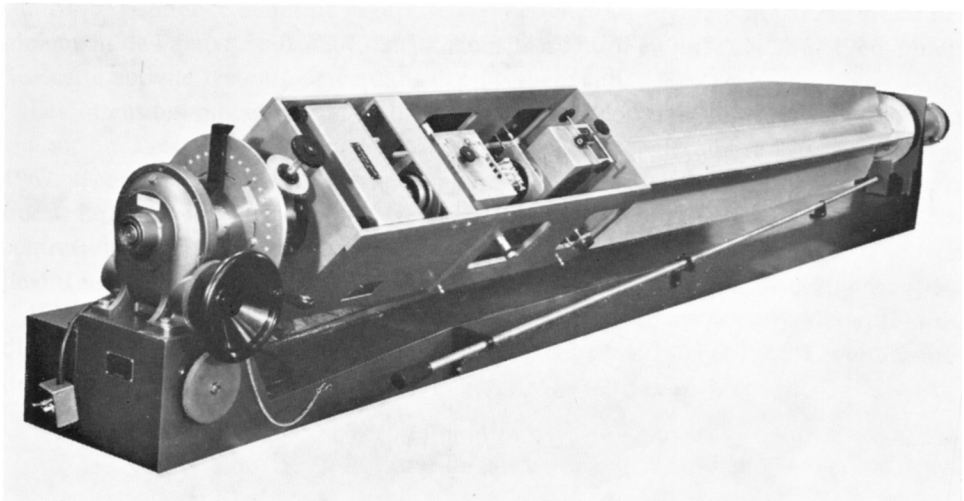


FIG. 2. *La lunette polarimétrique solaire des observatoires de Meudon et du Pic-du-Midi (réalisation Ets. R. Danger, Paris).*

Le prototype, achevé et essayé à l'Observatoire de Meudon en 1963, a été réalisé en plusieurs exemplaires par les établissements R. Danger en France. Deux de ces nouvelles lunettes ont remplacé à la fin de 1963 les anciens instruments en service au Pic-du-Midi et à Meudon; d'autres lunettes ont été construites pour différents observatoires (Figure 2).

3. Etude de l'activité coronale pendant la période de l'AISC (IQSY)

Les observations régulières ont été commencées avec ces nouveaux instruments en décembre 1963 dans le cadre de la contribution française au programme des 'Années Internationales du Soleil Calme' (IQSY).

Les observations au Pic-du-Midi ont été assurées grâce à des séjours successifs de collaborateurs de l'Observatoire de Meudon.

De décembre 1963 à septembre 1967, environ 500 balayages de la couronne ont été recueillis. Les Figures 3 et 4 reproduisent deux feuilles d'observations quotidiennes dans leur présentation habituelle. Les balayages sont effectués à 1.5' du bord solaire (60000 km) avec l'orifice explorateur de 60" de diamètre; les intensités de la lumière polarisée sont données en unités de 10^{-8} fois la luminance du centre du disque solaire et reportées en coordonnées radiales à partir d'un cercle figurant le contour du Soleil. Le graphique du 12 avril 1964 (Figure 3) correspond à l'activité coronale minimum. Le 10 juillet 1965 (Figure 4) donne l'exemple d'une activité moyenne. Les Figures 15 et 16 montrent des activités exceptionnelles.

En raison de la lente rotation du Soleil, les mesures relevées de la sorte permettent

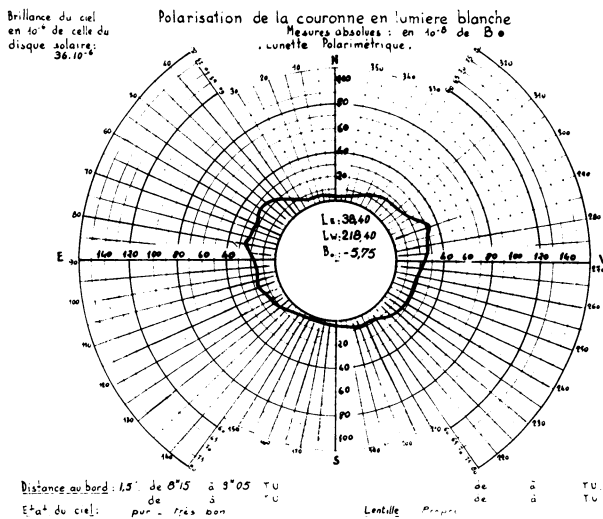


FIG. 3. Exemple d'observation à 1.5 du bord, période du minimum d'activité (12 avril 1964).

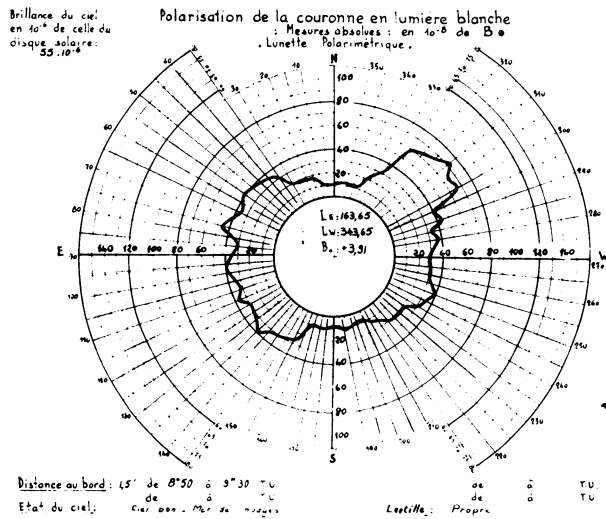


FIG 4. Exemple d'observation à 1'.5 du bord, activité coronale moyenne (10 juillet 1965).

de dresser des cartes synoptiques en coordonnées héliographiques pour chacun des deux bords est et ouest. Ces cartes donnent la position des condensations coronales stables sur le disque solaire.

La carte de la Figure 5 (janvier 1964) montre la répartition des formations coronales à 60000 km, peu avant le minimum de l'activité solaire; les dates des observations sont reportées au-dessus de la carte, aux emplacements correspondant à leurs longitudes. La Figure 6 (août 1964) correspond au minimum de l'activité. La Figure 7 (juin 1965) donne le début de la reprise de l'activité. La Figure 8 illustre le grand déploiement de l'activité coronale dans l'hémisphère nord en juillet et août 1966, tandis que cette activité reste modérée dans l'hémisphère sud.

Les intensités moyennes de la lumière polarisée coronale ont été calculées pour chaque mois. La Figure 9 donne les valeurs mensuelles de décembre 1963 à septembre 1967, séparément pour les deux hémisphères nord et sud et pour les deux bords est et ouest. Le minimum de l'activité s'est étalé d'avril 1964 à juin 1965. Puis, quelques concentrations coronales sont apparues, principalement dans l'hémisphère nord. L'activité devint ensuite très forte dans l'hémisphère nord, dans la seconde partie de l'année 1966.

La Figure 10 donne les répartitions moyennes des luminances coronales autour du disque au cours des mois successifs, pour les années 1964, 1965 et 1966. Les couronnes du minimum solaire, en 1964, sont régulières et symétriques.

4. Etude de jets coronaux

Au-dessus des régions de fortes densités électroniques, on peut déceler des jets de la couronne. Des balayages supplémentaires à des distances croissantes du bord solaire

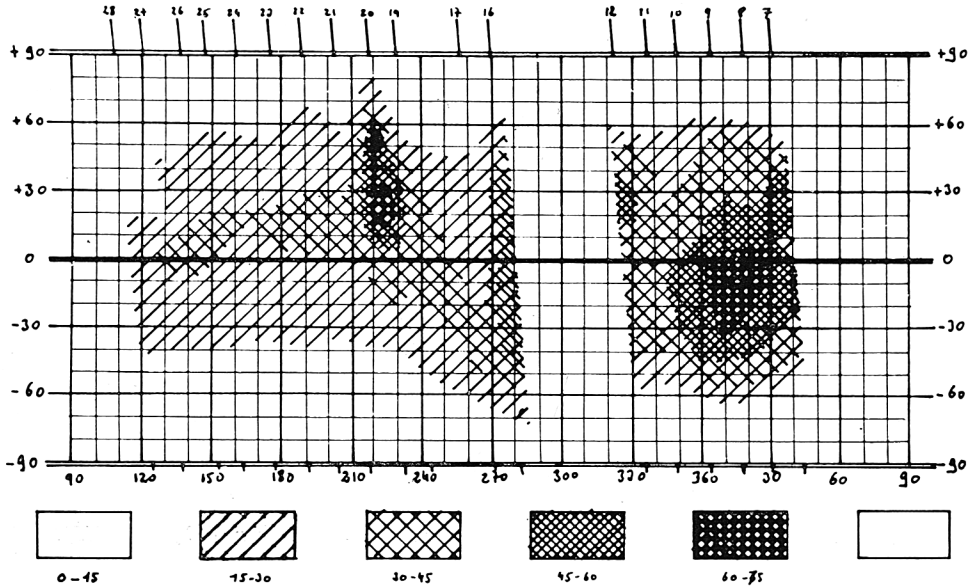
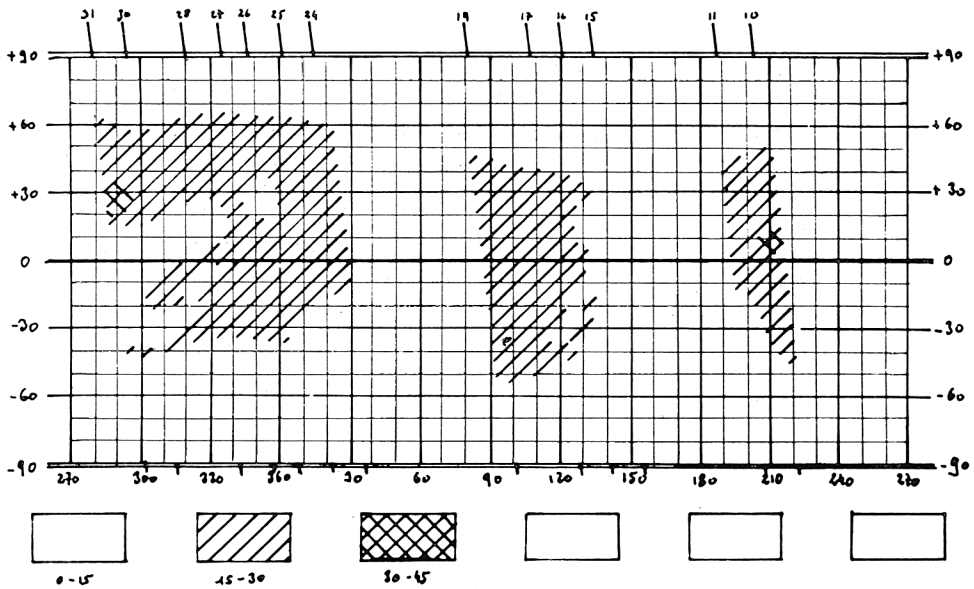


FIG. 5. Exemple de carte synoptique de la couronne en lumière blanche à 60000 km au-dessus de la photosphère: janvier 1964 au bord ouest: avant le minimum d'activité.



POLARISATION EN 10⁻⁹

FIG. 6. Idem, août 1964 au bord est: au minimum d'activité.

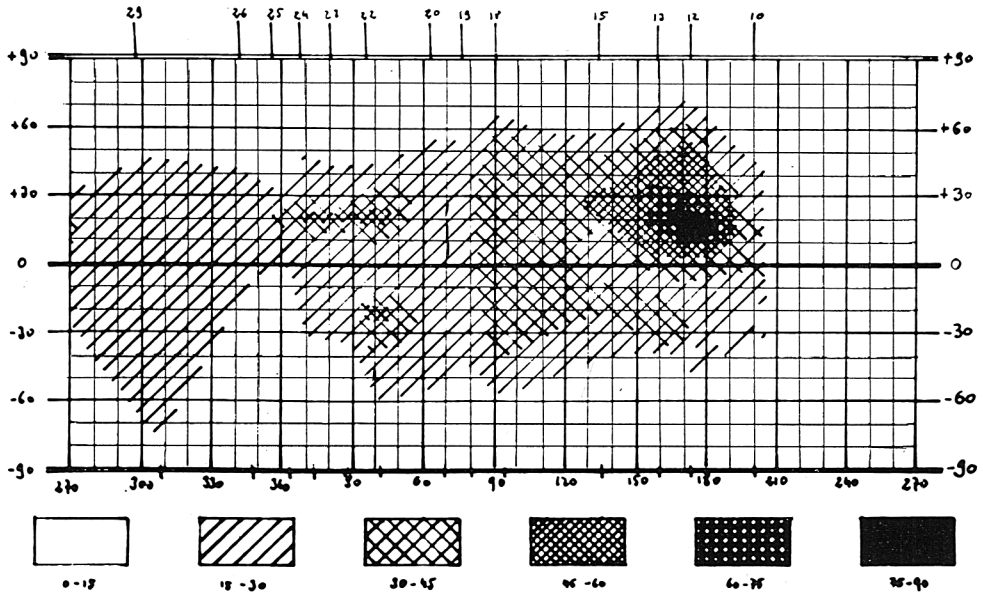
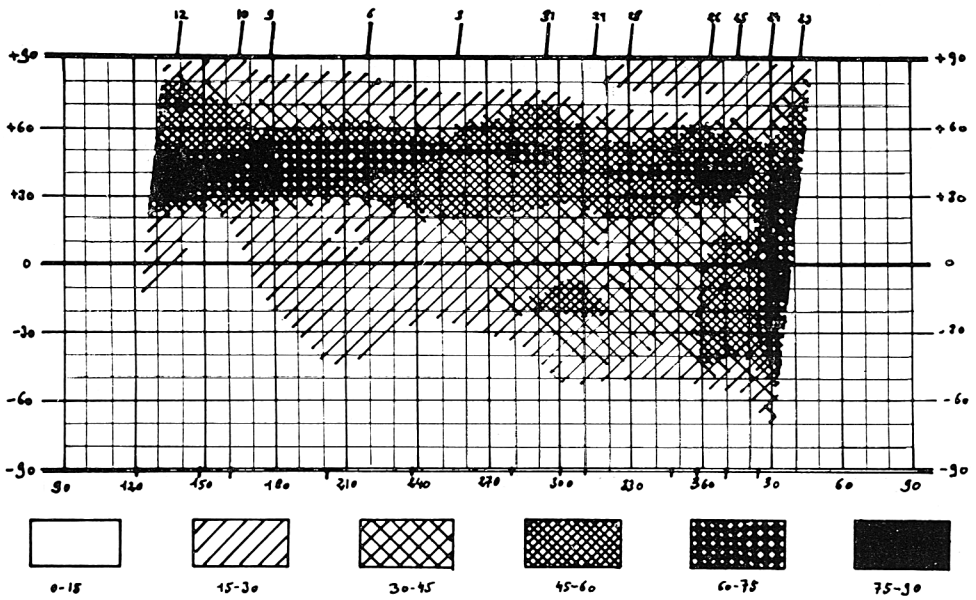


FIG. 7. *Idem*, juin 1965 au bord est: après la reprise de l'activité.



POLARISATION EN 10^8

PIC DU MIDI

FIG. 8. *Idem*, juillet et août 1966 au bord ouest: forte activité dans l'hémisphère nord.

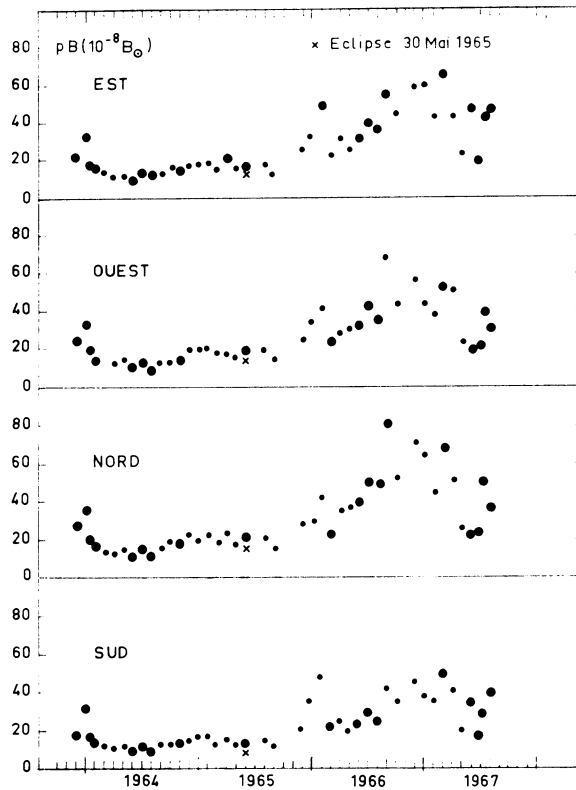


FIG. 9. Intensité moyenne de la couronne à 1.5 du bord de 1964 à 1967 pour les deux bords est et ouest, et pour les deux hémisphères nord et sud (intensité exprimée en 10^{-8} fois la luminance du centre du disque solaire).

permettent de reconstituer la forme de ces jets et de déterminer la décroissance de leurs éclats. Les jets brillants et concentrés sont décelables jusque vers $35'$ du bord solaire. La diffusion multiple dans l'atmosphère terrestre introduit une polarisation parasite dont il faut corriger les mesures; cette correction rend souvent les déterminations absolues de l'éclat incertaines au-dessus de $15'$ du bord solaire. Par ciel très pur, les jets les plus brillants peuvent être mesurés jusqu'à plus de $20'$ du bord.

La Figure 11 donne, par exemple, la répartition de la lumière polarisée au bord ouest du Soleil, le 10 mars 1965. Les jets observés ne correspondent à aucun centre actif de la photosphère. Les intensités de la lumière polarisée $pB(r)$ rapportées à celle B_{\odot} du disque solaire, sont reliées à la densité électronique $N(r)$ dans la couronne par la relation :

$$pB(r) = \frac{3}{4} B_{\odot} \sigma R_{\odot} \int_{r_0}^{\infty} r_0^2 N(r) [A(r) - B(r)] \frac{dr}{r \sqrt{r^2 - r_0^2}} \quad (1)$$

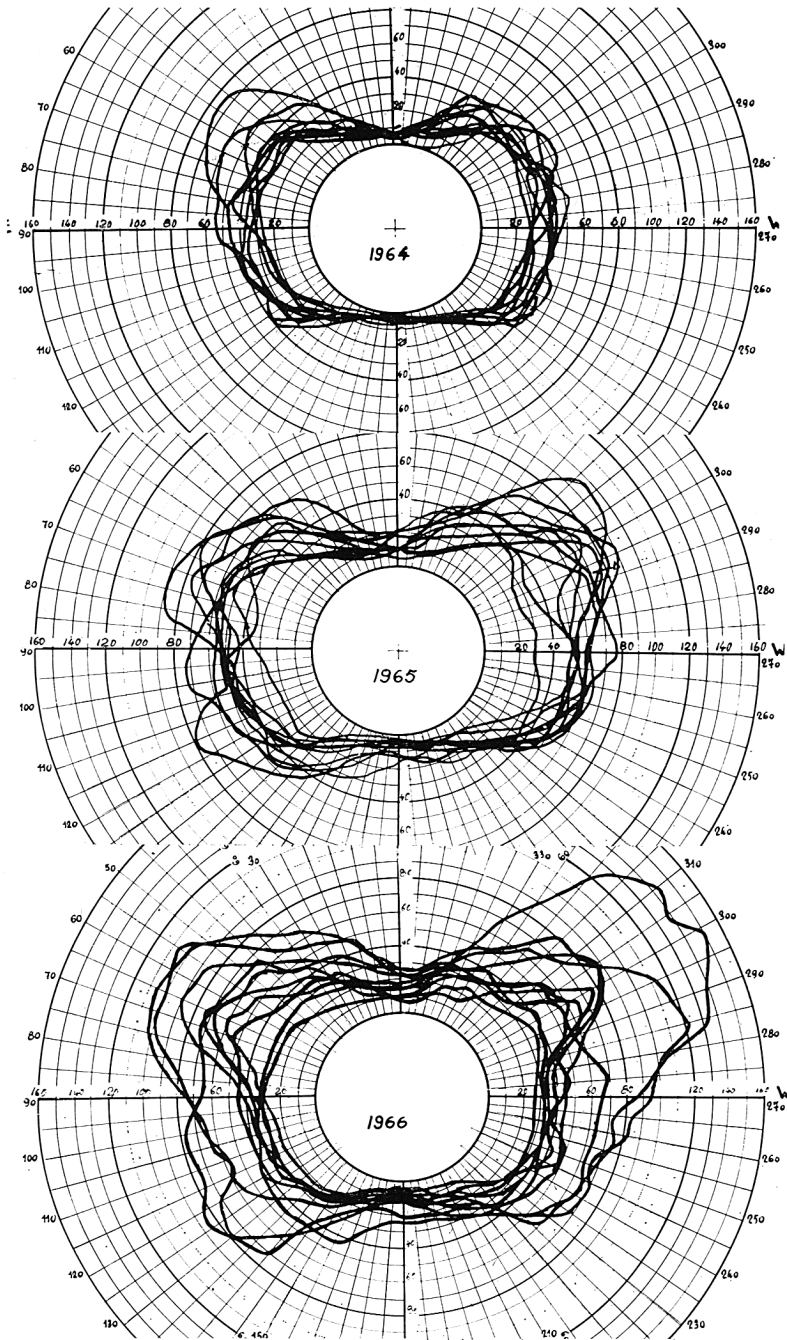


FIG. 10. Contours moyens de la couronne à 1' 5 du bord du disque. Chaque courbe est la moyenne des observations pour 1 mois. En haut: courbes mensuelles pour 1964: minimum de l'activité solaire. Au centre: courbes mensuelles pour 1965: début du nouveau cycle. En bas: courbes mensuelles pour 1966: forte activité dans l'hémisphère nord.

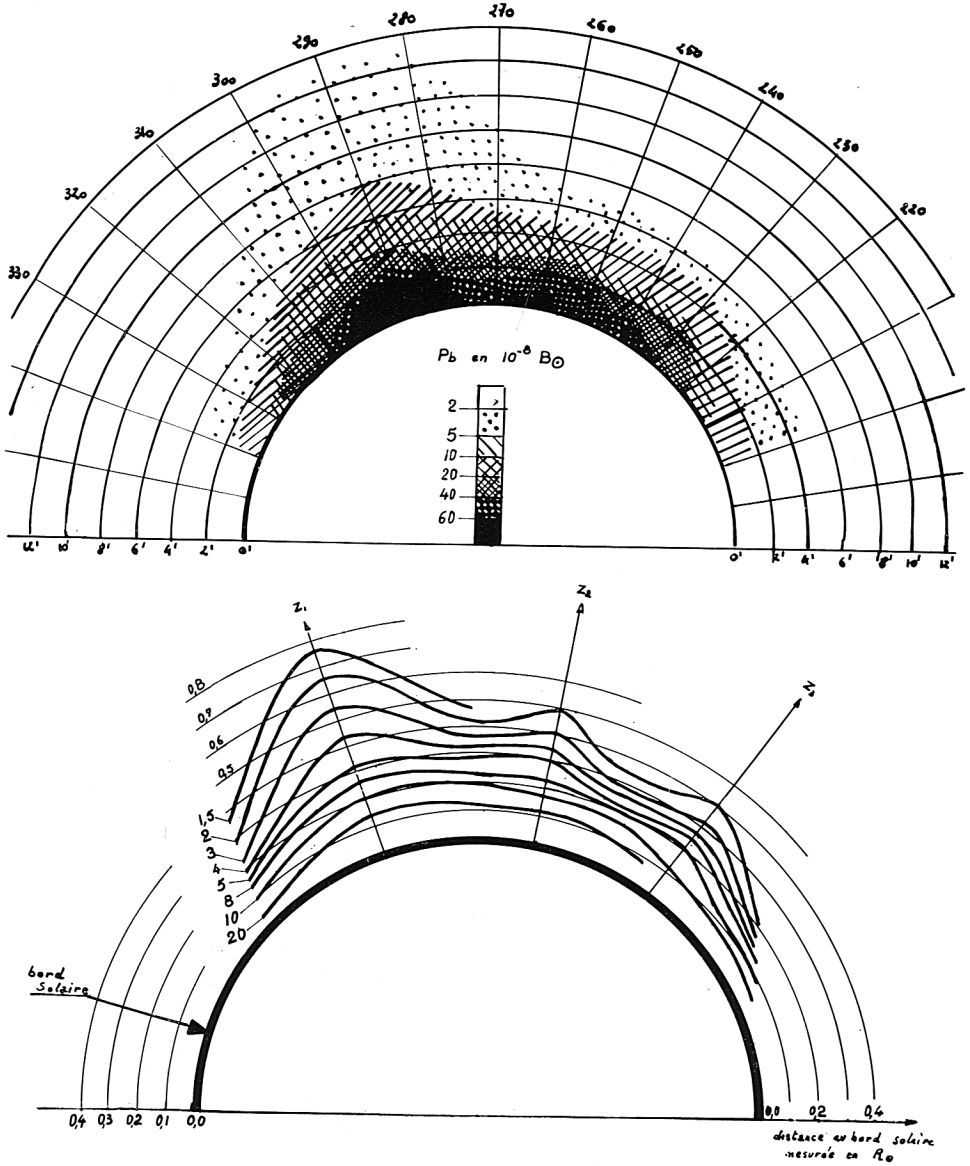


FIG. 11. *Isophotes d'un jet au bord ouest le 10 mars 1965 (intensité exprimée en 10^{-8} fois la luminosité du disque solaire). Courbe d'égale densité électronique dans le plan du limbe, pour le jet du 10 mars 1965 (densité électronique exprimée en 10^7 électrons par cm^3).*

dans laquelle σ est la section de choc Thomson caractérisant la diffusion par les électrons, soit 0.6655×10^{-24} , $A(r)$ et $B(r)$ sont les fonctions introduites par Van de Hulst, r_0 est la distance de la ligne de visée au centre solaire exprimée en unités du rayon solaire, et r est la distance réelle d'un point courant le long de la ligne de visée.

Les déterminations de la densité électronique en chaque point des jets observés sont effectués à l'Observatoire de Meudon, soit par traitement numérique de l'intégrale, soit, lorsque le jet est exactement au bord, en supposant des répartitions du type :

$$N(\rho, \xi, \eta) = N_0(\rho) \times e^{-\left(\frac{x}{\xi}\right)^2} \cdot e^{-\left(\frac{y}{\rho}\right)^2} \quad (2)$$

ρ est la distance au centre du Soleil le long de l'axe du jet, et ξ et η sont les extensions du jet dans les directions x et y parallèle et perpendiculaire à la direction de la ligne de visée.

A titre d'exemple, la Figure 11 donne, le 10 mars 1965, la répartition de la densité électronique dans le plan de section contenant le contour apparent du Soleil. La densité vaut : 20×10^7 électrons par cm^3 à la base du jet ; elle devient 1.5×10^7 électrons par cm^3 à 12' du bord dans le jet principal. Nous étudions à l'Observatoire de Meudon une quarantaine d'observations de cette nature.

Lors du minimum de l'activité solaire, le gradient de décroissance de l'éclat dans la couronne fut très régulier ; la Figure 12 donne la moyenne des mesures relevées de mars à juin 1964 au-dessus des pôles et de l'équateur.

Des mesures obtenues à la même période au Japon par K. Nishi, à l'aide d'un instrument du type étudié par G. Newkirk (K Coronameter), s'accordent avec les nôtres. Toutes ces mesures s'accordent à peu près aussi avec les déterminations moyennes déduites des éclipses par H. C. Van de Hulst.

Les jets individuels manifestent une dispersion plus grande, dont la Figure 13 fournit quelques exemples. Les courbes donnent les intensités de la lumière polarisée le long des axes apparents des jets observés dans le plan du limbe. Une étude plus élaborée permettra de corriger les effets de la perspective et de déterminer la décroissance radiale réelle de l'éclat et de la densité électronique dans l'axe des jets. Il apparaît déjà que les densités et leurs gradients s'écartent peu, dans l'ensemble, des modèles moyens déterminés antérieurement par H. C. Van de Hulst et par G. Newkirk.

5. Activités exceptionnelles de juillet à septembre 1968

Trois événements solaires consécutifs importants, accompagnés d'émissions de protons, ont été enregistrés en 1966, respectivement les 7 juillet, 28 août et 2 septembre. L'activité du 28 août n'a pu être observée. Les centres actifs liés aux deux autres événements appaurent l'un et l'autre au voisinage de la longitude 180° et de la latitude $+25^\circ$. Nos observations, étudiées à Meudon par B. Fort, précisent le comportement de la couronne dans ces deux cas.

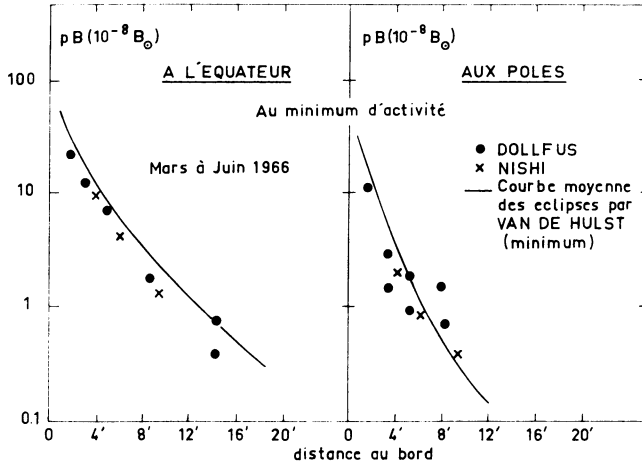


FIG. 12. Intensité de la couronne solaire en fonction de la distance au bord du disque, à l'équateur et aux pôles, lors du minimum de l'activité solaire. Comparaison avec les observations japonaises et avec la courbe moyenne des éclipses.

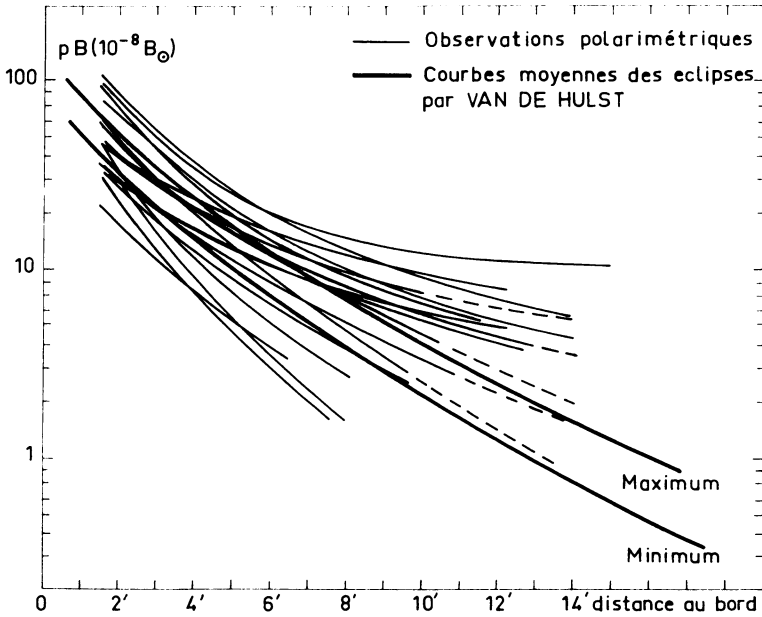


FIG. 13. Intensité de la couronne solaire en fonction de la distance au bord du disque, le long de l'axe apparent des jets en projection dans le plan du limbe.

La Figure 14 donne les cartes synoptiques successives de cette région de la surface solaire observée alternativement aux bords est et ouest, d'après les mesures relevées à 1'5 du limbe.

Les Figures 15 et 16 reproduisent quelques-unes des observations à 1'5 du bord.

A. ÉVÉNEMENT DU 7 JUILLET 1966

Le centre actif avait pour longitude 200° et pour latitude +35°; il est passé au bord ouest le 10 juillet. Avant l'éruption, la couronne ne présentait aucune concentration particulière (Figure 14, cartes no. 1 à 4 de mai et juin 1966), et l'intensité de la lumière polarisée ne dépassait pas 70×10^{-8} fois la luminance B_{\odot} du centre du disque solaire.

Le 9 juillet (Figure 15, diagramme no. 1) un jet tout à fait exceptionnel était visible au bord ouest; sa lumière polarisée donnait, à 1'5 du bord, une intensité de $160 \times 10^{-8} \times B_{\odot}$ comprenant environ $40 \times 10^{-8} B_{\odot}$ pour la couronne non-perturbée en avant et en arrière du jet, et $pB_K = 120 \times 10^{-8} \times B_{\odot}$ pour le jet lui-même. En supposant le jet dans le plan du limbe, et de révolution autour de son axe, la densité électronique peut s'écrire sous la forme de l'Equation (2).

L'observation du 9 juillet à 1'5 du bord donne l'extension du jet en latitude $\xi = 0.2 R_{\odot}$.

L'intégration de l'Equation (1) donne:

$$pB_K = \frac{3}{8} \sigma 10^8 R_{\odot} N [A - B] \sqrt{\pi} \xi e^{-\left(\frac{\rho}{\xi}\right)^2} \quad \begin{matrix} pB_K \text{ exprimé en } 10^{-8} \times B_{\odot} \\ \rho \text{ en rayon solaire } R_{\odot} \end{matrix}$$

on a la valeur numérique $[A - B] = 0.210$ à 1'5 du bord, d'où finalement la densité électronique $N_0 = 9 \times 10^8$ électrons par cm^3 . Cette valeur, qui correspond à l'altitude de 80000 km, est la plus forte que nous ayons enregistrée à ce jour.

Ce jet resta intense jusqu'au 13 juillet (diagramme no. 2) puis la rotation solaire l'entraîna derrière le disque. Les 25 et 26 juillet il réapparaissait au bord est avec la même intensité (diagrammes no. 3 et 4). Les 9 et 10 août, il passait au bord ouest avec une intensité réduite de moitié (diagrammes no. 5 et 6). Les 23 et 24 août il était attendu au bord est, les observations ne furent possibles que les 25 et 26 août (diagrammes no. 7 et 8) et ne montrent pas de regain de l'activité.

B. ÉVÉNEMENT DU 2 SEPTEMBRE 1966

Six observations à 1'5 du bord ont été recueillies entre le 1er et le 8 septembre; elles sont reproduites dans la Figure 16 et permettent de construire la carte no. 9 de la Figure 14.

L'éruption se produisit le 2 septembre à 05h 28m TU. Deux observations furent recueillies à 09h 30m et 09h 50m TU respectivement à 1'5 et 14' du bord solaire. Le centre actif était alors à 55° à l'ouest du méridien central et à +23° de latitude nord.

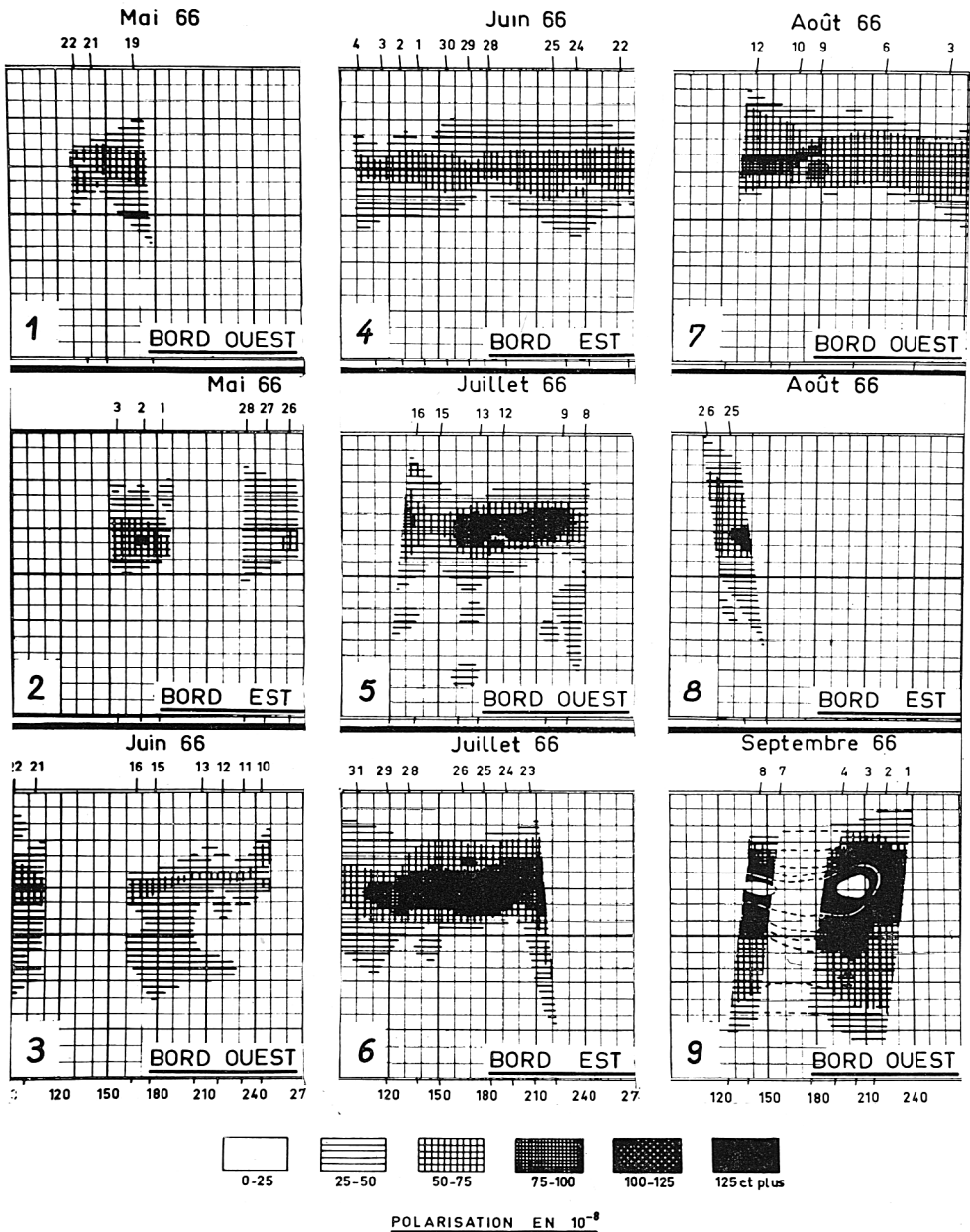


FIG. 14. *Extraits des cartes synoptiques de la couronne à 60000 km au-dessus de la photosphère, de mai à septembre 1966: Evolution des configurations coronales au-dessus d'un centre actif à protons.*

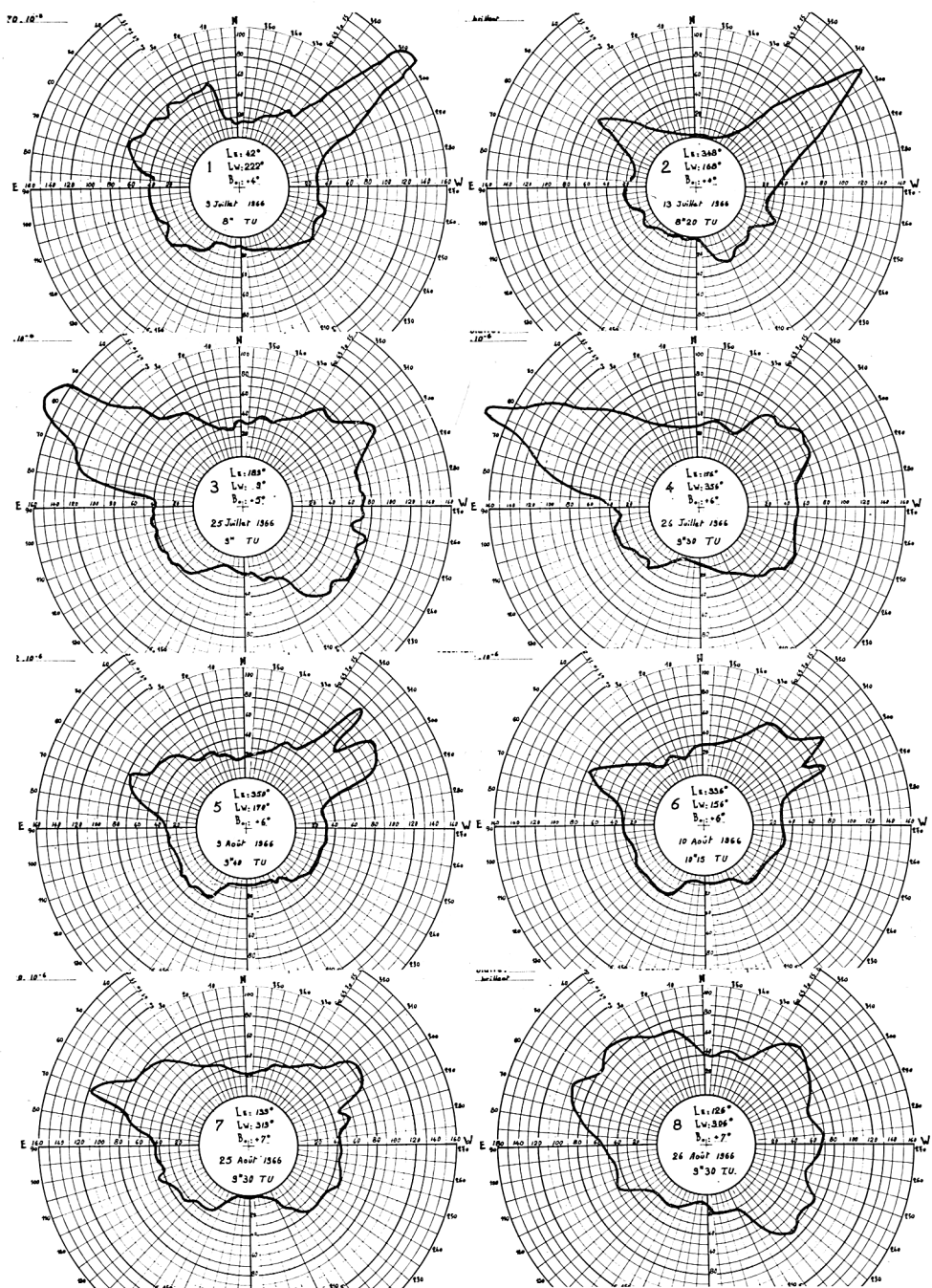


FIG. 15. Quelques observations à l'5 du bord du jet de la couronne liées à l'événement à protons du 7 juillet 1966.

Au bord ouest : 9 juillet 1966 08h 00m et 13 juillet 1966 08h 20m

Au bord est : 25 juillet 1966 09h 00m et 26 juillet 1966 09h 30m

Au bord ouest : 9 août 1966 09h 40m et 10 août 1966 10h 15m

Au bord est : 25 août 1966 09h 30m et 26 août 1966 09h 30m

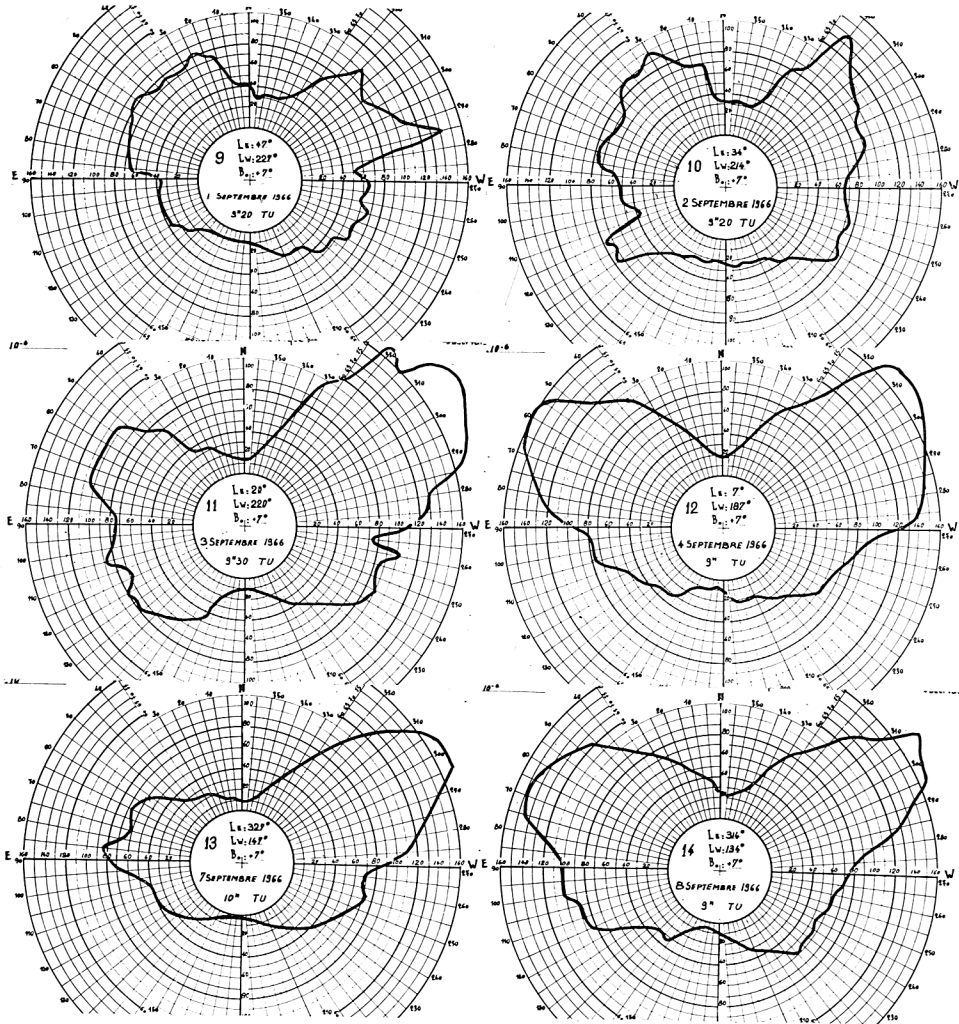


FIG. 16. Observations à 1.5 du bord du jet de la couronne liées à l'événement à protons du 2 septembre 1966:

1 septembre 1966 à 09h 20m 2 septembre 1966 à 09h 20m
 3 septembre 1966 à 09h 30m 4 septembre 1966 à 09h 00m
 7 septembre 1966 à 10h 00m 8 septembre 1966 à 09h 00m

La configuration est représentée dans la Figure 17; le jet dépassait le contour du Soleil et se trouvait balayé par les deux observations respectivement à 1·22 et 2·00 rayons du centre du Soleil. Les balayages recueillis les jours suivants à 1'5 du bord coupent le jet à différentes hauteurs.

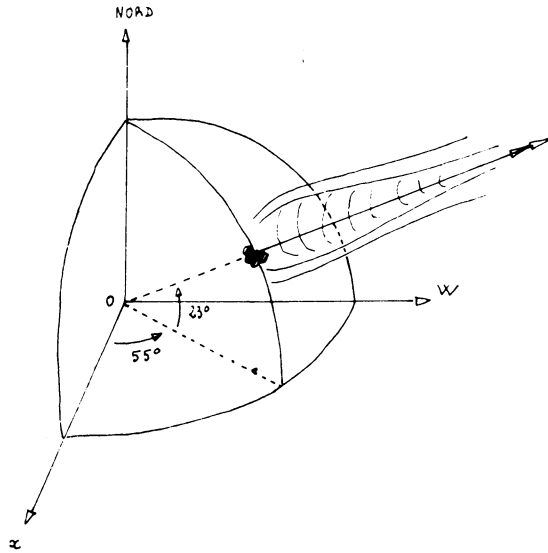


FIG. 17. Présentation du jet coronal surmontant l'émission de protons le 2 septembre 1966.

L'examen des isophotes de la carte héliographique no. 9 (Figure 14) permet de montrer que:

- (a) le jet s'élevait au-dessus du centre actif à peu près perpendiculairement à la surface solaire;
- (b) l'intensité s'est brusquement accrue entre les deux observations du 1er septembre à 09h 20m et du 2 septembre à 09h 20m;
- (c) l'intensité est ensuite restée à peu près constante jusqu'à la dernière observation du 8 septembre.

Les différents balayages donnent les densités électroniques suivantes:

Date	4 sept.	3 sept.	7 sept.	8 sept.	2 sept.
distance au bord:	1'5	1'5	1'5	1'5	14'
hauteur dans le jet, en R_{\odot} :	1·10	1·20	1·25	1·25	2·0
Densité électronique en 10^7 électrons/cm ³ :	50	25	20	9	0·8

La décroissance de la densité électronique avec la hauteur paraît suivre la loi habituelle.

Toutefois, l'observation du 8 septembre révéla une anomalie singulière. L'observateur eut l'attention attirée par l'intensité extrême de la lumière polarisée à grande

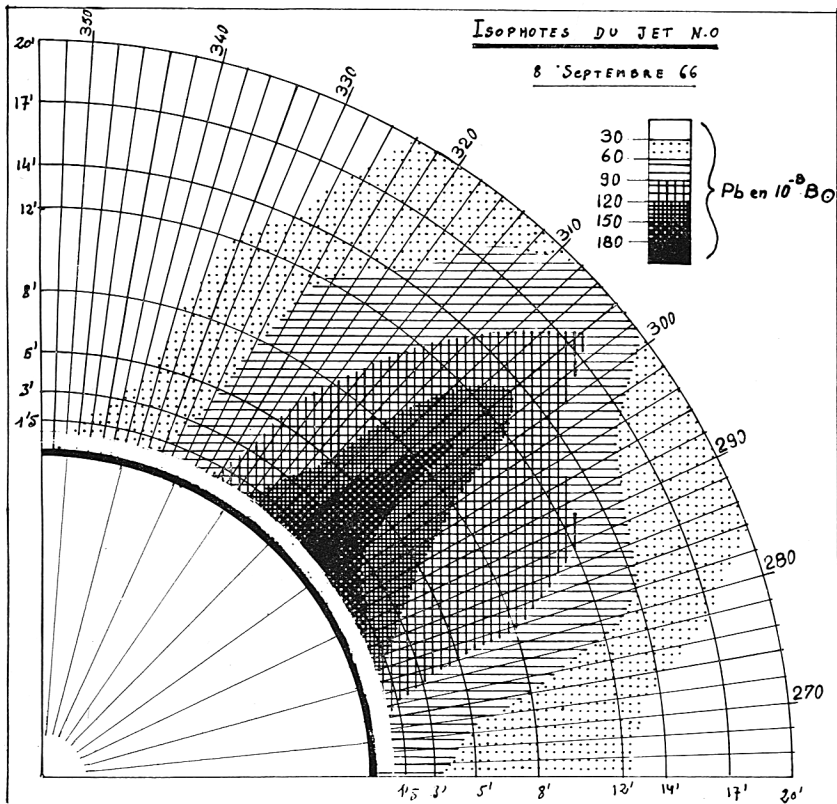


FIG. 18. *Isophotes du jet au bord ouest le 8 septembre 1966 (intensités exprimées en 10^{-8} fois la luminance du disque solaire).*

distance au-dessus de ce jet. Des balayages successifs ont été entrepris à 1'5, 3', 5', 8', 12', 14' et 20' du bord et ils donnèrent la répartition de l'éclat représentée dans la Figure 18. La décroissance radiale de l'intensité y est exceptionnellement faible; à 20' du bord l'éclat reste supérieur à $60 \times 10^{-8} B_{\odot}$ et y est au moins 10 fois plus élevé que les valeurs normales.

Le gradient de l'éclat est incompatible avec les modèles habituels, des hypothèses complexes sur la géométrie du jet ne permettent pas de résorber l'éclat. L'examen attentif des observations et de l'instrument ne révèlent pas d'anomalies. Si les obser-

vations ne sont pas viciées par une cause cachée, il faut alors envisager un phénomène solaire inhabituel.

6. Collaborations

Les études et une soixantaine d'observations ont été effectuées à l'Observatoire de Meudon, placé sous les directions successives de A. Danjon et de J. F. Denisse. Environ 500 observations furent réalisées à l'Observatoire du Pic-du-Midi que dirige J. Rösch. Le Comité Français des AISC (IQSY) a apporté un appui déterminant dans ce programme. Les collaborateurs suivants ont participé aux mesures: MM. Baudroit, Brel, Champion, Leroy, Lucas, Poulain, Maurice, Verdet, Zéau. Les propriétés de la couronne ont été dégagées grâce à la collaboration de J. L. Leroy, E. Maurice, et B. Fort.

Références

A. PUBLICATIONS ANTÉRIEURES PAR LES AUTEURS

- Dollfus, A. (1958a) 'Procédé permettant d'observer la couronne solaire et ses jets jusqu'à une grande hauteur', *C.R. Acad. Sci.*, **247**, 42.
 Dollfus, A. (1958b) 'Premières observations avec le polarimètre solaire', *C.R. Acad. Sci.*, **246**, 3590.
 Dollfus, A. (1959a) 'Observations de la couronne solaire à l'Observatoire de Meudon en 1959', *C.R. Acad. Sci.*, **249**, 2273.
 Dollfus, A. (1959b) 'Quelques propriétés des jets de la couronne solaire, observés en lumière blanche', *C.R. Acad. Sci.*, **249**, 2722.
 Dollfus, A. (1963) 'Etude des grands jets de la couronne solaire observés en lumière blanche sans coronographe', dans *The Solar Corona*, éd. par J. Evans, Academic Press, New York, p. 243.
 Dollfus, A., Leroy, J.L., Marin, M. (1961) 'Observation de la couronne solaire avant, pendant et après l'éclipse totale du 15 Février 1961', *C.R. Acad. Sci.*, **252**, 3402.
 Leroy, J.L. (1960) 'Observation d'un jet coronal persistant', *Ann. Astrophys.*, **23**, 567.

B. TRAVAUX ANALOGUES AUX U.S.A.

- Newkirk, G. (1959) 'A Model of the Electron Corona with Reference to Radio Observations', dans *Paris Symposium on Radio Astronomy*, éd. par R.N. Bracewell, p. 149.
 Newkirk, G. (1961) 'The Solar Corona in Active Regions and the Thermal Origin of the Slowly Varying Component of the Solar Radio Radiation', *Astrophys. J.*, **133**, 983.
 Newkirk, G., Axtel, J., Wlerick, G. (1957) 'Studies of the Electron Corona', *Astron. J.*, **62**, 95.
 Newkirk, G., Curtis, G.W., Watson, K. (1958, 1962) 'Observation of the Solar Electron Corona', *I.G.Y. Solar Activities Report Series*, **4** et **16**.
 Wlerick, G., Axtel, J. (1957) 'A New Instrument for Observing the Electron Corona', *Astrophys. J.*, **126**, 253.

C. TRAVAUX ANALOGUES AU JAPON

- Nagasawa, S. (1964, 1965, 1966) 'Observation of the Solar Electron Corona at the Norikura Corona Station', *Tokyo Astronomical Observatory. Bull. of Solar Phenomena*, **16**, 75; **17**, 83; **18**, 87.
 Nishi, K., Nagasawa, S. (1964) 'On the Observation of the Electron Corona at the Norikura Corona Station', *Pub. astron. Soc. Japan*, **16**, 285.

D. TRAVAUX ANALOGUES EN U.R.S.S.

- Karimov, M.G. (1961) 'Polarization Measurements of the Solar Corona outside Eclipse', *Izv. Astrofiz. Inst. Akad. Nauk Kaz. S.S.R.*, **11**, 64.

DISCUSSION

Houtgast: For the determination of the electron density you need to know the dimension of the streamer in the line of sight. What did you assume for this?

Dollfus: Généralement les jets sont allongés dans le sens est-ouest. Nous avons calculé la densité électronique en supposant que le jet avait une section elliptique, et que le rapport des axes était de 2-0.

Rigutti: How can you estimate the sky brightness during your balloon-borne experiments?

Dollfus: Nous avons un dispositif d'étalonnage qui permet de comparer la brillance du ciel et de la couronne à celle du centre du disque solaire. La brillance du fond du ciel, sur les clichés obtenus à l'altitude de 30000 m, valait 2×10^{-9} fois celle du centre du disque solaire; elle était deux ou trois fois plus faible que celle prévue, ce qui est très favorable.

Kundu: How fast can you construct the coronal density isophotes? Can you construct them instantaneously, say 1 per minute, so that they can be compared with fast radio maps on meter wavelengths?

Dollfus: La mesure de la couronne tout autour du disque à 1.5 du bord solaire demande environ 30 min. Des balayages supplémentaires sont ensuite effectués au dessus des centres actifs pour déterminer la forme et la décroissance de l'éclat des jets. Une analyse complète de la couronne jusqu'à 30' du bord demande un peu plus de 2 heures d'observation.