

ETUDE STATISTIQUE DE LA COMPOSANTE LENTEMENT VARIABLE D'APRES LES OBSERVATIONS ENTRE 10,000 ET 600 MC/S

B. VAUQUOIS

Observatoire de Meudon, Meudon (Seine-et-Oise), France

La composante lentement variable du rayonnement radioélectrique solaire provient de régions d'étendue finie de l'atmosphère du soleil, dans lesquelles la température et la densité électronique sont normalement élevées. Ces régions appelées "centres d'activité radioélectrique" (C.A.R.) ne sont pas connues directement par les observations. En effet, les mesures journalières effectuées avec un radiotélescope fournissent une valeur du rayonnement solaire sur une longueur d'onde qui est la somme du rayonnement de base d'origine thermique de l'atmosphère normale et de l'émission d'un nombre indéterminé de C.A.R. sur cette longueur d'onde.

D'autres phénomènes d'activité radioélectrique viennent s'ajouter si l'on considère une fréquence de rayonnement inférieure à 600 Mc/s. Aussi, cette étude est-elle limitée dans le domaine spectral qui s'étend de 9400 Mc/s ($\lambda = 3.2$ cm) à 600 Mc/s ($\lambda = 50$ cm).

Le premier objectif consiste à déterminer le rayonnement d'un "centre moyen" et à en dégager les propriétés caractéristiques; le deuxième consiste à proposer un modèle répondant à ces propriétés.

La méthode utilisée pour obtenir les caractéristiques du C.A.R. "moyen" est une étude comparative de ces centres avec les phénomènes optiques de l'activité solaire (taches, facules, jets coronaux).

1. ASSOCIATION DES C.A.R. AUX GROUPES DE TACHES

Il a été montré plusieurs fois que la corrélation entre l'aire totale des taches et le flux radioélectrique était excellente. Elle est d'ailleurs d'autant plus étroite que la fréquence utilisée est plus élevée.

Soit F_λ le flux radioélectrique émis par le soleil sur la longueur d'onde λ

$$F_\lambda = F_{0\lambda} + \phi_\lambda,$$

$F_{0\lambda}$ étant le rayonnement de la composante de base et ϕ_λ celui de la composante lentement variable représentant la somme des émissions de tous les centres d'activité.

Appelons φ_λ le rayonnement relatif à un seul de ces centres. Covington [1] pose

$$\varphi_\lambda = ka, \tag{1}$$

a étant l'aire de la tache associée au C.A.R. dont l'émission est φ_λ .

Dans ces conditions,

$$\Phi_\lambda = \Sigma \varphi_\lambda = k \Sigma a .$$

On se propose de tenir compte de facteurs dont l'influence a été démontrée [2, 3, 4, 5, 6, 7] à savoir la position du groupe de taches sur le disque θ et l'âge de ce groupe τ .

La quantité φ_λ peut alors être représentée par la formule (1) et doit s'écrire :

$$\varphi_\lambda = f(a, \theta, \tau) . \tag{2}$$

Des études antérieures nous ont conduits à considérer indépendantes l'influence de la position θ et celle de l'âge τ . Aussi pouvons-nous exprimer le flux d'un C.A.R. φ_λ par une formule moins générale :

$$\varphi_\lambda = c_\lambda a f_1(\theta) f_2(\tau) . \tag{3}$$

Nous appellerons $f_1(\theta)$ fonction d'assombrissement ; et $f_2(\tau)$ fonction de vieillissement par rapport aux taches.

Nous avons déterminé ces fonctions $f_1(\theta)$ et $f_2(\tau)$ pour les fréquences : 545, 600, 1000, 1200, 2800, 3260, 3750, et 9400 Mc/s.

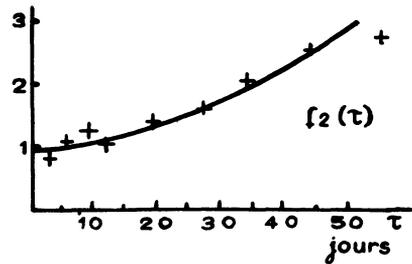
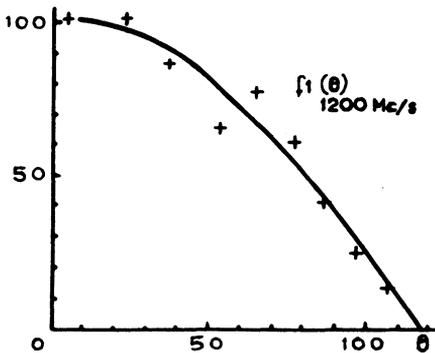
Fonctions d'assombrissement $f_1(\theta)$

Elles suivent à peu près une courbe en $\cos \theta$ pour les petites valeurs de θ puis s'en écartent progressivement en restant supérieures (Fig. 1). Elles montrent que des zones différentes du C.A.R. sont responsables du rayonnement renforcé sur les diverses fréquences. Une dissymétrie est-ouest indépendante de la fréquence a permis de localiser le C.A.R. à 6 ou 7 degrés à l'est du groupe de taches associées [8].

Fonctions de vieillissement $f_2(\tau)$

Elles sont destinées à nous montrer le rapport existant entre l'évolution de la surface d'un groupe de taches et celle du rayonnement du C.A.R. associé (Fig. 2).

Les courbes obtenues montrent que ces évolutions ne sont pas identiques. Elles indiquent que la durée de vie du C.A.R. moyen est supérieure à celle



FIGS. 1 et 2. Association du C.A.R. avec les taches.

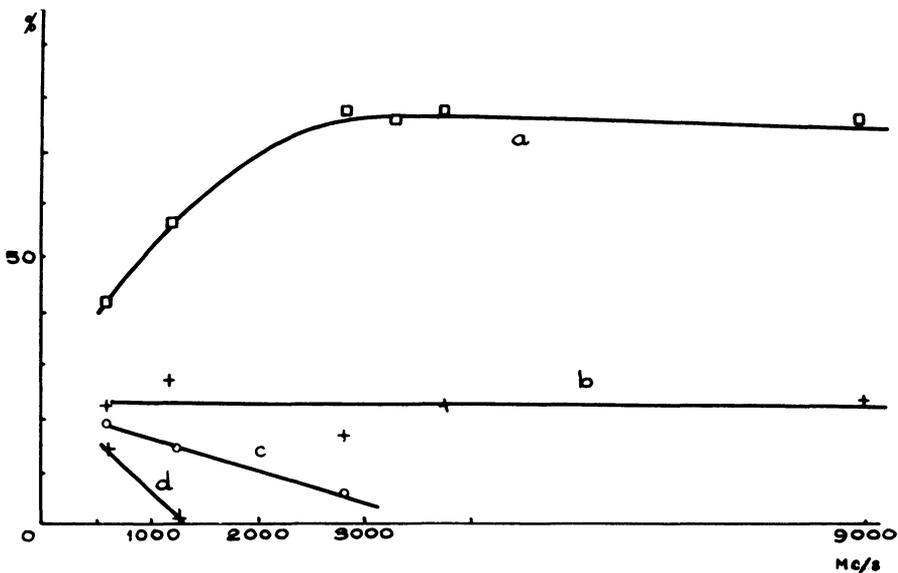


FIG. 3. Importance des taches apparues : (a) au cours de la rotation ; (b) une rotation avant ; (c) deux rotations avant ; (d) trois rotations avant.

des taches quelle que soit la fréquence, mais elles ne permettent pas de comparer les durées de vie relatives du C.A.R. sur les diverses fréquences. Aussi une étude plus détaillée de ce phénomène est-elle nécessaire.

2. ANALYSE DE LA PERSISTANCE DU C.A.R. APRES LA DISPARITION DES TACHES

Une première étude a été faite dans ce sens par Piddington et Davies [9]. Plus récemment, Allen [10] s'est posé un problème analogue en étudiant la composante stable. On se propose ici d'étudier systématiquement l'influence des taches apparues depuis plusieurs rotations sur le rayonnement du C.A.R. examiné sur les diverses fréquences de notre domaine spectral. La méthode utilisée est celle du coefficient de corrélation maximum. On montre ainsi que les zones de basse altitude sont plus promptes à revenir aux conditions physiques normales que les zones d'altitude plus élevée (Fig. 3). A cette extinction progressive du C.A.R. à partir des couches les plus basses ne correspond aucun phénomène analogue au cours de sa naissance ; la formation d'un C.A.R. semble être un phénomène qui intéresse simultanément toutes les zones d'émission sur les différentes fréquences étudiées. La recherche de la durée de vie des C.A.R. conduit à une estimation de cette durée comprise entre celle des taches et celle des facules.

3. ASSOCIATION DES C.A.R. AUX PLAGES FACULAIRES

La corrélation du rayonnement radioélectrique solaire avec les facules est nettement moins étroite que celle mise en évidence avec les taches. Et pourtant, jusqu'ici nous avons vu d'une part que la position des C.A.R. ne

correspondait pas à celle des taches mais plutôt à celle des facules et d'autre part que la durée de vie des taches n'était pas une meilleure approximation de la durée de vie des C.A.R. que celle des plages faculaires. En outre H. Dodson [12] à l'aide de mesures interférométriques a signalé la présence d'un C.A.R. qui ne correspond à aucune tache sur le disque mais à une facule. Nous essayons alors une association C.A.R.-facule analogue à celle envisagée avec les taches en ajoutant un paramètre : la brillance I de la plage faculaire. Ainsi, le rayonnement du C.A.R. est représenté par :

$$\varphi_\lambda = f(a, \theta, \tau, I), \tag{4}$$

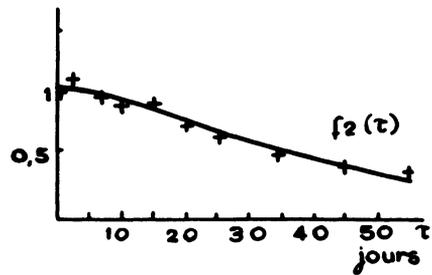
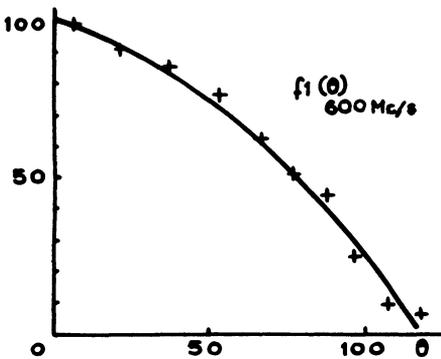
où a = l'aire de la facule; θ = sa distance au centre; τ = son âge, I = sa brillance maximum.

Nous décomposons de la même manière la formule (4) en produit de fonctions d'une seule variable :

$$\varphi_\lambda = c'_\lambda k(I) a f_1(\theta) f_2(\tau). \tag{5}$$

En premier lieu, on considère l'influence de l'intensité seule. Dans ce but on fait une répartition des facules en 3 classes de brillance et l'on cherche les coefficients $k_j(I)$ ($j = 1, 2, 3$), tels que la corrélation entre le flux φ_λ et la combinaison $\sum k_j a_j$ soit maximum. On se rend compte alors que la corrélation flux radio-aire pondérée des facules devient meilleure que celle obtenue entre flux radio et aire des taches.

On détermine ensuite les fonctions d'assombrissement $f_1(\theta)$ et de vieillissement $f_2(\tau)$ par rapport aux facules (Figs. 4 et 5). L'examen des premières montre que la dissymétrie est-ouest a disparu et que leur forme est voisine de celle trouvée au premier paragraphe. Par contre l'allure des secondes montre bien que la durée de vie des facules est supérieure à celle des C.A.R.



FIGS. 4 et 5. Association du C.A.R. avec les facules.

4. ETUDE D'UN MODELE DE C.A.R.

On recherche un modèle de C.A.R. compatible avec les caractères explicités dans les paragraphes précédents. Cette étude est divisée en deux parties [13] :

(a) La variation en fonction du temps de l'émission d'un C.A.R. moyen correspondant à des groupes de taches d'aire moyenne 200 milliardièmes. La

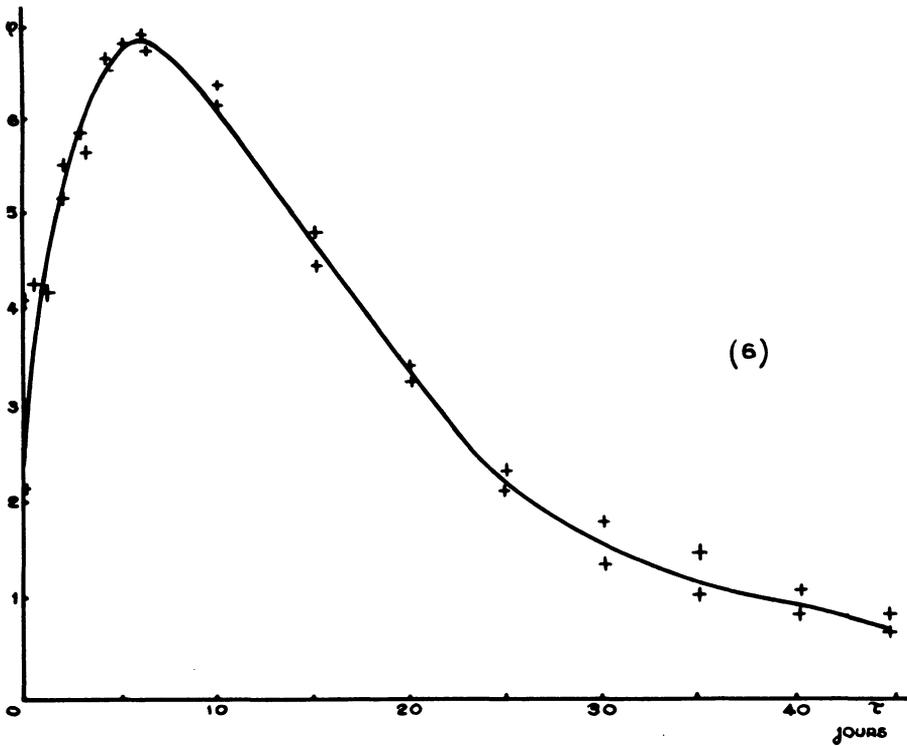


FIG. 6. Evolution du flux du C.A.R. moyen (fréquence 3750 Mc/s) $\phi : 10^{-22}$ watts m^{-2} $(c/s)^{-1}$.

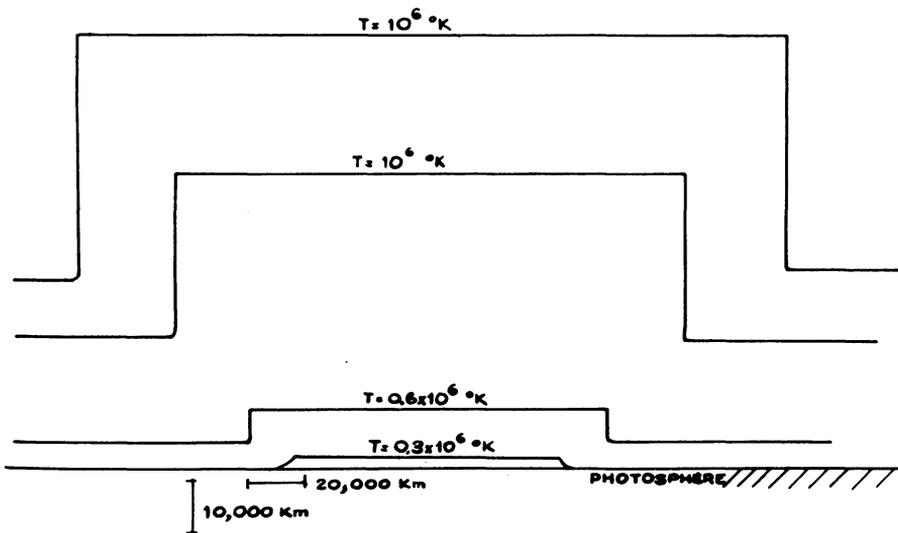


FIG. 7. Modèle de C.A.R.

variation relative de cette intensité par rapport aux phénomènes optiques sert précisément de base à ce calcul du rayonnement absolu que nous précisons (Fig. 6).

(b) Après avoir déterminé l'âge moyen des centres qui sont intervenus dans nos statistiques, nous recherchons pour un C.A.R. de cet âge les paramètres géométriques et physiques qui interviennent dans le calcul du rayonnement.

Nous arrivons ainsi à déterminer les dimensions du C.A.R. moyen ainsi qu'une échelle de température et de densité électronique à l'intérieur de ce centre (Fig. 7). Les températures sont moins élevées que celles obtenues par les travaux théoriques antérieurs et semblent en bon accord avec les mesures interférométriques de W. N. Christiansen et M. R. Kundu.

REFERENCES

- [1] Covington, A. E., et Medd, W. J. *J.R.A.S. Can.* **48**, 136, 1954.
- [2] Denisse, J. F. *Ann. Astrophys.* **13**, 196, 1950.
- [3] Waldmeier, M. *Z. Ap.* **32**, 116, 1953.
- [4] Vauquois, B. *C.R.* **240**, 1862, 1955.
- [5] Vauquois, B. *C.R.* **241**, 739, 1955.
- [6] Vauquois, B. *The Observatory*, **75**, 259, 1955.
- [7] Müller, H. *Z. Ap.* **39**, 160, 1956.
- [8] Vauquois, B. Thèse, chap. 1. Paris, 1958.
- [9] Piddington, J. H., et Davies, R. D. *M.N.R.A.S.* **113**, 582, 1953.
- [10] Allen, C. W. *M.N.R.A.S.* **117**, 174, 1957.
- [11] Vauquois, B. Thèse, chap. 2. Paris, 1958.
- [12] Dodson, H. *Ap. J.* **119**, 564, 1954.
- [13] Vauquois, B. Thèse, chap. 5. Paris, 1958.