

7/2

Journées d'études internationales

International conference

Soleil et climat

Sun and climate

TOULOUSE

30 septembre - 3 octobre 1980

RESEARCH CENTER FOR ASTRONOMY
AND APPLIED MATHEMATICS
ACADEMY OF ATHENS

CONTRIBUTIONS SERIES I (ASTRONOMY)
No 82

Centre National d'Etudes Spatiales (**CNES**)
Centre National de la Recherche Scientifique (**CNRS**)
Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique (**DGRST**)

EFFETS DU CHAMP MAGNETIQUE SOLAIRE SUR L'INTENSITE
SEMI ANNUELLE DE LA RAIE VERTE CORONALE

par

J. XANTHAKIS , B. PETROPOULOS , H. MAVROMICHALAKI *

Centre des Recherches d'Astronomie et des Mathématiques
Appliquées, Académie d'Athènes (Grèce)

RESUME

Nous avons étudié les effets du champ magnétique solaire sur l'évolution et le second maximum, de l'intensité annuelle de la raie verte coronale, à 5303 Å. Nous avons donné une relation qui permet de calculer l'intensité semi-annuelle coronale à l'aide de l'indice d'activité solaire $I_a(R)$ (indice des aires), du nombre des éruptions des protons^a, et des composantes du champ magnétique solaire coronal. Cette relation est valable pour le 19^{ème} et 20^{ème} cycle solaire et donne correctement les intensités mesurées autour du second maximum du cycle solaire de période II ans. Différents phénomènes terrestres et solaires qui présentent un second maximum peuvent être interprétés à l'aide de la relation établie.

ABSTRACT

We have studied the effects of the intensity of the solar magnetic field of the corona on the semi-annual intensity of the green coronal line at 5303 Å. We have given one relation which can be used to compute the semi-annual coronal intensity in function of the index of solar activity $I_a(R)$ (areas index) the number of proton events and the composantes of the intensity of the magnetic field of the corona. This relation is valid for the 19 and 20 solar cycle and gives correctly the measured intensity near the second maximum of the solar cycle of periode II years. Different terrestrial and solar phenomena can be explained in the basis of the above relation.

I. INTRODUCTION

L'évolution en fonction du temps de l'intensité semi-annuelle I_{5303} de la raie verte coronale à 5303 Å présente deux maxima pour chaque cycle solaire de période de II ans, qui ont été observés par différents auteurs (Gnevyshev, 1967, Waldmeier 1971, Cuperman et Sternlieb 1972, Pathak 1972, Antonucci et al 1974, Leroy et Trellis 1974, Rusin 1979 et 1980, etc ...).

Le premier maximum coïncide avec le maximum de l'intensité semi-annuelle de l'activité solaire exprimée par l'indice de Zurich R, ou par l'indice des aires I_a (Xanthakis, 1969), tandis que le second est attribué au nombre des centres actifs.

du soleil (Pokorny, 1973) et aux taches solaires des grandes dimensions (Kopecky, 1973). Dans ce travail, nous allons étudier les effets du champ magnétique solaire sur l'évolution de l'intensité I_{5303} , et spécialement sur le second maximum, et nous allons établir une relation théorique qui permette le calcul de l'intensité semi-annuelle I_{5303} à l'aide de l'indice d'activité solaire exprimée par $I_a(R)$, indice très proche de I_a (Xanthakis, Poulakos, 1978), du nombre des éruptions des protons N_p et des composantes du champ magnétique.

Ensuite nous démontrerons, en comparant les résultats théoriques avec les mesures de l'intensité de $I(5303)$ que cette relation est valable pour le 19^{ème} et 20^{ème} cycle solaire.

2. L'INTENSITE DE LA RAIE VERTE CORONALE 5303 \AA

Il est bien connu que l'intensité d'émission d'une raie spectrale I_i de la couronne solaire est donnée par la relation suivante (Dolfus, 1971) :

$$I_i = K_i T_e^{-1/2} e^{-W/KT_e} \frac{N_z}{N_0} \cdot N_e^{I+a} \quad (I)$$

où N_e : la densité électronique locale
 T_e : la température électronique
 N_0 : Le nombre total des atomes d'un élément
 N_z : la population du niveau électronique supérieur
 W : l'énergie de transition
 K : la constante de Boltzmann
 a : une constante qui peut être calculée théoriquement et qui varie pour la couronne solaire de 0,5 à 1 (Dolfus, 1971).

Sous ces conditions, on peut donner l'intensité de la raie coronale pour une ligne de visé $x \cdot x$ par la relation suivante (Leroy et al 1973, 1974)

$$I_{5303} = \int_{-\infty}^{+\infty} A(T_e) N_e^{I+a} dx \quad (2)$$

où $A(T_e)$: la distribution de la température électronique qui peut être calculée par la relation (1).

Dans le but d'exprimer I_{5303} en fonction de $I_a(R)$ et de N_p , nous allons faire les trois hypothèses suivantes :

I) que la fonction $A(T_e)$ est linéaire par rapport à $I_a(R)$ et peut être donnée par la relation suivante (Trellis 1954) :

$$A(T_e) = I_a(R) \cdot F(T_e) \quad (3)$$

où $F(T_e)$ est une fonction de la température électronique et peut être calculée à l'aide de la relation (I), et
 $I_a(R)$ est un indice de l'activité solaire qui est très proche de I_a (indice des aires). L'indice $I_a(R)$ est donnée en fonction de R (indice de Zurich) par la relation

suiivante (Xanthakis, Poulakos, 1978) :

$$I_a(R) = 56 - 3 (18 - \sqrt{R}) \cos^2 \frac{\pi}{36} R \quad (4)$$

L'hypothèse ci-dessus est basée sur le fait que la température T_e annuelle moyenne et l'indice de Zurich R ont une corrélation très élevée . Mais dans ce travail nous avons trouvé que I_{5303} a un coefficient de corrélation beaucoup plus élevé avec $I_a(R)$ qu'avec R ($r_{19} = 0,940$ et $r_{20} = 0,99$ entre $I_a(R)$ et I_{5303}) tandis que ($r_{19} = 0,849$ et $r_{20} = 0,890$ entre I_{5303} et R) .

2) Que variation de la densité électronique coronale est proportionnelle au nombre des éruptions des protons et suit la relation :

$$\Delta N_e = N_e - \bar{N}_e = N_p \bar{N}_e \quad (5)$$

où \bar{N}_e : la densité électronique du soleil calme .

En effet (Leroy et Trellis, 1974b) ont observé des concentrations de la densité électronique pendant la période du second maximum de I_{5303} qui coïncident avec le second maximum des éruptions des I_{5303} protons (Gnevyshev 1967, 1977) qui sont attribuées à l'évolution du champ magnétique coronal qui a été calculé par Yoshimura (1977a, 1977b, 1977c) et qui présente des structures des lignes de force fermées pendant cette période . De faibles densités électroniques ont été également observées pendant les minima de I_{5303} qui coïncident avec des "trous coronaux" observés pendant la même période de temps . (Leroy et al , 1974b) .

3) Nous allons supposer que l'évolution du champ magnétique ne modifie pas le profil de l'intensité de la raie verte par effet Stark mais change seulement l'équilibre thermodynamique en chauffant le plasma par un gradient de température . La variation de $F(T_e)$ peut être alors donnée par la relation suivante (Unsöld 1970)

$$\Delta F(T_e) = F_1(T_e) \cdot F_2(T_e) \quad (6)$$

$$\text{où } F_1(T_e) = \frac{dF(T_e)}{dB} \quad \text{et } F_2(T_e) = \int \frac{dB}{dT_e} dT_e$$

Sous ces conditions, l'intensité I_{5303} peut être donnée en tenant compte des relations (2), (3), (5) par la relation suivante :

$$I_{5303} = -\infty \int^{+\infty} I_a(R) \cdot F(T_e) \bar{N}_e^{I+a} (I+N_p)^{I+a} dx \quad (7)$$

En développant le binôme jusqu'au second ordre et en retenant seulement les deux premiers termes, nous trouvons que la varia-

tion de I_{5303} peut être donnée par la relation suivante :

$$\Delta I_{5303} = I_{5303} - I_0 = I_a(R) (I + (I+a) N_p^a) \Delta F(T_e) N_e^{-I+a} dx \quad (8)$$

où I_0 est l'intensité de la raie verte pour un soleil calme,
ou encore :

$$I_{5303} = I_0 + (I+a) I_a(R) (I + N_p^a) \int_{-\infty}^{+\infty} \Delta F(T_e) N_e^{-I+a} dx - a I_a(R) \int_{-\infty}^{+\infty} \Delta F(T_e) N_e^{-I+a} dx \quad (9)$$

Si dans cette relation nous adoptons $a = 0,65$ valeur moyenne de celles calculées par Zirker et Fisher (1971 et 1977, respectivement) nous faisons l'approximation $N_p^a = N_p^{0,65} = N_p^{0,5}$, nous obtenons la relation que (Xanthakis, 1969) a trouvée empiriquement pour le 19ème cycle solaire en négligeant le dernier terme de (9), soit :

$$I_{5303} = I_0 + 1,65 I_a(R) (I + N_p^{0,5}) K \quad (10)$$

où $K = \int_{-\infty}^{+\infty} \Delta F(T_e) N_e^{-I+a} dx = 0,1$ dans la relation de (Xanthakis 1969).

3. L'INTENSITE $I(5303)$ FONCTION DU CHAMP MAGNETIQUE CORONAL

Pour donner une relation plus correcte de I_{5303} nous devons tenir compte de l'évolution du champ magnétique coronal exprimée par la relation (6).

L'intensité du champ magnétique coronal calculée par (Yoshimura, 1977) peut être considérée comme la somme d'une composante radiale B_r et d'une composante toroïdale $B(\vartheta, \varphi)$. La composante radiale peut être développée en série de polynômes de Legendre, des termes anti-symétriques A_i et axisymétriques S_i qui sont calculés pour le 20ème cycle solaire par (Stix, 1977).

Sous ces conditions, nous avons :

$$\Delta F(T_e) = F_I(T_e) [B'(\vartheta, \varphi) + A'_0 + A'_1 + \dots + S'_0 + S'_1 + \dots] \quad (11)$$

$$\text{où } B'(\vartheta, \varphi) = \frac{dB(\vartheta, \varphi)}{dT_e} \quad , \quad A'_i = \frac{dA_i}{dT_e} \quad , \quad S'_i = \frac{dS_i}{dT_e}$$

et en tenant compte de la troisième hypothèse, la relation (9) peut être écrite de la façon suivante :

$$\begin{aligned}
 I_{5303} &= I_0 + (I+a)(I+(N_p)^{I/2}) I_a(R) F^0(T_e) \\
 &+ ((I+a)(I+(N_p)^{I/2})^{-a}) I_a(R) (A_I(o) + S_I(o) - a(F^0(T_e)) I_{\alpha(R)}) \\
 &+ ((I+a)(I+(N_p)^{I/2})^{-a}) I_a(R) (\tilde{A}_2 + \tilde{S}_2) \quad (I2)
 \end{aligned}$$

$$\text{où } F^0(T_e) = -\int_{-\infty}^{+\infty} F_I(T_e) \bar{N}_e^{I+a} B'(\vartheta, \varphi) dx$$

$$A_I(o) = -\int_{-\infty}^{+\infty} F_I(T_e) \bar{N}_e^{I+a} A'_0 dx$$

$$S_I(o) = -\int_{-\infty}^{+\infty} F_I(T_e) \bar{N}_e^{I+a} S'_0 dx$$

$$\tilde{A}_2 = -\int_{-\infty}^{+\infty} F_I(T_e) \bar{N}_e^{I+a} (A'_1 + A'_2 + \dots) dx$$

$$\tilde{S}_2 = -\int_{-\infty}^{+\infty} F_I(T_e) \bar{N}_e^{I+a} (S'_1 + S'_2 + \dots) dx$$

Dans le but de vérifier la relation (I2) nous avons utilisé les mesures semi annuelles de I_{5303} de l'Observatoire du "Pic du Midi" pour comparer les valeurs I_{5303} calculées par la relation (I2) à l'intensité de I_{5303} pour la période (1954-1972) à l'aide des mesures du nombre des éruptions des protons N_p données par les tables de (Sea, Ed Sharley, 1977) (Tableau I) et les valeurs de $I_a(R)$ données par (Xanthakis, Poulakos, 1978).

A l'aide de ces valeurs pour $a = 0,55$ (valeur contenue entre les limites théoriques données par (Dolfus, 1971), nous pouvons calculer les expressions suivantes qui entrent dans la relation (I2):

$$F^0(T_e) = 0,1 \quad (I3)$$

$$C_{I,2} = I_0 + I_{\alpha(R)} (I+I,55 (N_p)^{I/2}) (A_I(o) + S_I(o)) (0,055) I_a(R) \quad (I4)$$

$$P = (I+I,55 (N_p)^{I/2}) (\tilde{A}_2 + \tilde{S}_2) I_a(R) \quad (I5)$$

TABLEAU 1 : VALEURS DES INTENSITES DE LA RAIE VERTE CORONALE OBSERVEES ET CALCULEES

Date	I ^{obs} ₅₃₀₃	N _{PF}	I _a (R)	I ^{cal} ₅₃₀₃	I _o -I _c	Date	I ^{obs} ₅₃₀₃	N _{PF}	I _a (R)	I ^{cal} ₅₃₀₃	I _o -I _c
1954 I	12.6		7.55	13.5	-0.9	1964 I	18.9(19.0)	1	16.82	17.2(18.3)	0.7
II	12.6(14.8)		11.81	13.8(14.7)	0.1	II	15.1(16.1)	0	12.88	14.0(15.7)	0.4
1955 I	21.4(18.4)	1	21.32	17.5(15.7)	2.7	1965 I	15.4(15.1)	1	17.96	17.6(16.0)	-0.9
II	18.2(23.8)	0	19.97	14.0(20.1)	3.7	II	14.6(16.1)	0	18.36	14.8(17.1)	-1.0
1956 I	37.5(35.2)	2	48.07	34.9(31.7)	3.5	1966 I	19.7(21.2)	1	29.24	21.0(22.7)	-1.5
II	47.6(46.5)	2	53.37	43.1(42.7)	3.8	II	30.6(31.2)	4	36.43	33.9(33.2)	-2.0
1957 I	53.2(51.3)	5	53.09	49.8(49.5)	1.8	1967 I	43.9(40.4)	9	43.69	44.1(41.9)	-1.5
II	51.3(50.4)	12	55.15	55.1(50.5)	-0.1	II	43.0(43.7)	9	45.64	45.3(44.2)	-0.5
1958 I	45.8(48.5)	4	54.08	42.1(46.7)	-0.2	1968 I	44.8(44.5)	6	47.22	42.2(45.3)	-0.8
II	43.1(43.4)	7	54.18	47.6(44.3)	-0.9	II	45.2(43.6)	14	46.75	51.3(41.0)	-3.4
1959 I	41.7(41.3)	3	53.65	39.7(42.0)	-0.7	1969 I	39.1(40.8)	11	48.36	43.3(44.6)	-3.8
II	38.7(41.2)	4	51.36	40.9(42.2)	-1.0	II	39.7(40.9)	10	45.94	40.6(42.8)	-1.9
1960 I	45.6(45.0)	9	48.67	47.2(45.5)	-2.5	1970 I	45.1(44.4)	9	48.21	46.9(45.0)	-0.6
II	42.2(41.4)	5	47.13	46.8(42.4)	-1.0	II	47.7(45.4)	5	45.26	45.8(44.9)	0.5
1961 I	35.6(36.2)	0	36.62	28.8(35.4)	0.8	1971 I	41.1(41.9)	5	35.84	41.1(41.1)	0.8
II	31.5(30.7)	8	34.04	37.2(31.0)	-1.3	II	37.6(39.1)	4	41.71	36.4(38.3)	0.8
1962 I	24.3(26.7)	3	32.27	24.6(26.4)	0.3	1972 I	40.1(40.3)	6	41.27	39.1(37.6)	2.7
II	26.7(24.9)	1	26.74	19.2(21.1)	3.8	II	43.6	5	37.51	35.8	7.8
1963 I	21.7(23.3)	2	25.58	21.5(21.7)	1.6						
II	23.2(21.8)	5	25.17	24.6(22.0)	-0.2						

En tenant compte des relations ci-dessus, nous avons $C_1=11,5$ pour les valeurs de l'activité solaire près de minimum où :

$$A_I(o) + S_I(o) = 0 \text{ (Yoshimura, 1977)}$$

et si l'on estime $A_I(o) + S_I(o) = 0,01$ pour les valeurs calculées par Stix pour les années 1958 (I), pour les autres années, nous avons une valeur moyenne de $C_2 = 17$.

Si d'autre part, on admet les valeurs calculées par (Stix, 1977) des A_i et S_i et les valeurs de $I_a(R)$ et N_p données au tableau I, on peut obtenir une relation approchée de $P(t)$:

$$\begin{aligned} P(t) &= (1+1,55 (N_p)^{I/2}) \cdot (\tilde{A}_2 + \tilde{S}_2) I_a(R) \\ &= \bar{7} \sin \frac{2\pi}{6} t. \quad (t = 0,1,2,\dots,6) \end{aligned} \quad (I6)$$

Cette relation est valable pour les années 1960-1963 et 1969-72, et $P(t) = 0$ pour les autres années.

Le signe de la relation (I6) est :

$$\begin{aligned} &- 1954 \text{ (II)} - 1957 \text{ (II)} ; - 1968 \text{ (II)} - 1971 \text{ (II)} \\ &+ 1960 \text{ (I)} - 1963 \text{ (I)} \end{aligned}$$

Sous ces conditions, la relation théorique (I2) peut être donnée par :

$$I_{5303} = C_{1,2+P}(t) + (1+1,55 (N_p)^{I/2}) K I_a(R) + I_o \quad (I7)$$

$$\text{où } K = F(Te) = 0,1$$

Les valeurs de I_{5303} ainsi calculées à l'aide de cette relation sont données au tableau (I) et sont représentées à la figure I. Les différences de valeurs de I_{5303} ainsi calculées avec des valeurs mesurées sont très petites, écart type moyen ($\sigma = \pm 1,93$). Les valeurs de $I_o - I_c$ sont également données au Tableau (I)

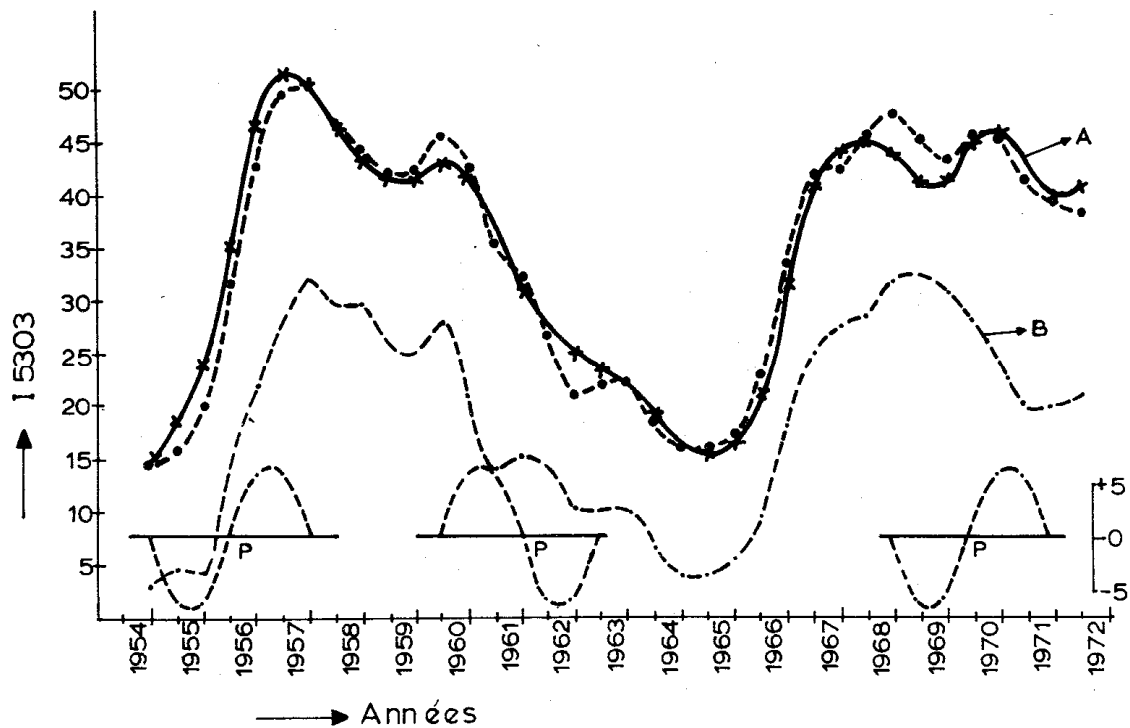


FIGURE I.

INTENSITES OBSERVEES ET CALCULEES (19^e et 20^e CYCLES SOLAIRES)

La courbe A (ligne continue) représente les intensités semi-annuelles de I_{5303} , mesurées au Pic du Midi, tandis que la courbe discontinue I_{5303} représente les valeurs calculées par la relation (I7).

La courbe B représente les variations du terme $0,155(I + N_p)^{1/2} I_a(R)$ et la courbe P le terme périodique $F(t)$.

Les valeurs entre parenthèse dans le (tableau I) sont les intensités de I_{5303} adoucies par la relation

$$\frac{n_{i-1} + 2n_i + n_{i+1}}{4}$$

et sont représentées sur la figure I.

Sur cette figure on peut constater le bon accord entre valeurs calculées et mesurées, même dans les régions du second maximum

CONCLUSIONS

Nous pouvons donc conclure que l'intensité I_{5303} n'est pas une fonction linéaire de R comme l'ont admis (Leroy et al, 1974) en donnant la relation empirique suivante :

$$I_{5303} = \left(1 + \frac{R}{110}\right) 28 \cdot 10^{-8} I(0) \quad (18)$$

où $I(0)$: la constante solaire

et I_{5303} : l'intensité semi-annuelle pour les cycles solaires 18, 19, 20 .

En effet, comme on peut le constater dans les diagrammes de (Leroy, 1974) les intensités mesurées s'écartent des intensités calculées près du second maximum . Il est donc à remarquer que la relation de Xanthakis, (1969) entre I_{5303} l'indice des aires I_a , et le nombre des éruptions des protons N_p qui est valable pour la période 1954-1964 est une relation empirique approchée de (9) et peut être utilisée pour calculer correctement l'intensité auprès du second maximum . Si on admet que

$$I_a(R) = I_a = 2 + 3 (R)^{1/2}$$

d'après la relation (4) (en posant $\cos \frac{2\pi}{36} R = I$) la relation (10) de Xanthakis s'écrit :

$$I_{5303} = (I_0 + 1,65 \cdot 0,2) + 1,65 \cdot 0,3 (R)^{1/2} + 1,65 \cdot 0,3 (N_p)^{1/2} (R)^{1/2}$$

On peut ainsi comparer avec la relation 18 de (Leroy et al, 1974) et constater

- 1) que l'intensité I_{5303} est mieux corrélée avec $(R)^{1/2}$ qu'avec R .
- 2) que le terme $(N_p R)^{1/2}$ permet d'obtenir des valeurs plus correctes près du second maximum .

Une meilleure approximation pour une période plus longue (19) et (20) cycle solaire est obtenue si l'on tient compte de l'influence du champ magnétique coronal sur l' I_{5303} . Alors l'intensité peut

être considérée comme la somme des deux termes, un dû au paramètre polaire et un au terme toroïdal . Le premier agit sur la surface solaire tandis que le second agit sur les régions actives et pénètre la couronne solaire .

La superposition de ces deux paramètres comme on peut le constater dans la relation (I2) explique aussi les deux maxima de l'activité coronale (Yoshimura, 1977) . Les trous coronaux et les condensations électroniques, variations de Ne sont attribuées à l'évolution du champ magnétique coronal (Yoshimura, 1977) , mais on peut constater que l'action du champ magnétique sur I_{5303} est plus compliquée comme la relation (I2) le montre .

Le second maximum est le résultat non seulement du second maximum de N_p mais aussi des termes plus compliqués dûs aux composantes A_i et S_i intervenant dans la relation (I2) .

Les termes A_i , calculés par (Stix, 1977) sont très petits devant les valeurs i théoriques de S_i , par conséquent l'intensité I_{5303} doit avoir une petite assymétrie E-W .

En effet nous avons calculé en utilisant les valeurs mesurées au Pic du Midi l'assymétrie E-W et nous avons trouvé qu'elle est très faible .

D'autre part, les valeurs $A_1, A_2 \dots S_1, S_2 \dots$ calculées par (Stix, 1977) sont importantes dans les intervalles de temps 1960-63 et 1969-72) . C'est pour cette raison que dans tous ces intervalles de temps, le terme $P(t)$ doit être ajouté dans la relation (I2) .

Les valeurs de S_i sont importantes et c'est pour cette raison que (relation I2) l'assymétrie N-S de I_{5303} est importante (Rusin, 1980) .

L'assymétrie N-S de I_{5303} et le terme $(I+I,55 (N_p)^{1/2}) \tilde{S}_2 I_a(R)$

changent de phase simultanément avec $P(t)$ et avec l'assymétrie N-S de R pour les années 1956 et 1970 (Francastoro, 1978) .

Différents phénomènes solaires et terrestres présentent d'ailleurs deux maxima pour chaque cycle solaire et peuvent être corrélées avec l'indice à deux variables $I_a(R)$ et N_p de la relation (I2) .

Nous citons ici certaines d'entre elles :

La distribution chromosphérique des éruptions (Kopecky, 1973) le nombre des éruptions avec émission radioélectrique de type 2 (Dodge, 1975) ou IV (Papagiannis et al, 1972) Fritzova et al, 1972) l'indice géomagnétique de Bartel A_p (Gnevyshev, 1977 ; Simon, 1979) , la fréquence des aurores (Pokorny, 1973) , l'intensité des rayons cosmiques (Krivsky et Ruzickova, 1978) , l'intensité du champ magnétique interplanétaire (Simon, 1979) .

REFERENCES

- Antonucci, E. and Svalgaard, L.: 1974, Solar Phys. 34,3 .
- Cuperman, S. and Sternlieb, A.: 1972, Solar Phys. 25, 493
- Dodge, J : 1975, Solar Phys. 42, 445 .
- Dollfus, A.: 1971, in C.J. Macris (ed), Phys. of Solar Corona, 27,97 .
- Fisher, R.R : 1977, Solar Phys. 55, 135 .
- Francacastro, M.G. and Marocchi, D.: 1978, Solar Phys. 60,171
- Fritzova-Svetkova, L. and Svetska, Z.; 1973, Solar Phys. 29,417
- Gentilli di Giuseppe, M., Hugon, M., Leroy, J.l., Rosch, J et Trellis M: 1966, Ann. Astrophys 23,43 .
- Gnevyshev, M.N. : 1967, Solar Phys. 51, 175 .
- Gnevyshev, M.N. : 1977, Solar Phys. 51,175
- Gnevyshev, M.N. and Antalova, H.: 1965, Czechosl. Acad. of Sci. Astron. Inst. N51, 47 .
- Gnevyshev, M.N. and Krivsky, L.: 1966, Astron. Zurn 43, N2, 385
- Kopecky, M.: 1973, Bull. Astron. Inst. Czechosl. 24, 113
- Krivsky, L. and Ruzickova-Topolova, B.: 1978 Bull Astron. Inst. Czechosl. 29,30
- Leroy, J.L. Poulain, P. and Fort, B.: 1973, Solar Phys. 32,131
- Leroy, J.L. and Trellis, M : 1974a, Astron. Astrophys. 35, 283
- Leroy, J.L. and Trellis, M: 1974b, Astron. Astrophys. 35, 289
- Nölte, J.T., Krieger, A.S., Timothy, A.F., Gold, R.E., Roelof, E.C. Vaiana, G., Lazarus, A.J., Sullivan, J.D. and McIntosh, P.S.: 1976, Solar Phys. 46, 303 .
- Papagiannis, M. Zeferos, Ch. and Repapis Ch.: 1972, Solar Phys. 27 208
- Pathak, P.N.: 1972, Solar Phys. 25, 489
- Pokorny, Z.: 1973, Bull. Astron. Inst. Czechosl. 24, 107
- Roy René, J.: 1977, Solar Phys. 52, 53.
- Rusin, V.: 1980, Bull. Astron. Inst. Czechosl., 31, 9
- Rusin, V., Rybansky, M. and Scheirich, L.: 1979, Solar Phys. 61, 301
- Sharley, A.H. and Kroehl, H.N.: 1977, Solar-Terrestrial Phys. and Meteor. Working Document II .

- Sharley, A.H., Ellyett, C.D. and Kroehl, H.N.: 1979, Solar-Terrestrial Phys. and Meteor. Working Document III, II.
- Simon, A.P. : 1979, Solar Phys. 63, 399 .
- Stix, M.: 1977, Astron. Astrophys. 50, 53
- Trellis, M.: 1954, Supplem. Annual Astrophys. 5.
- Unsöld, A.: 1970, Astron. Astrophys. 4, 220 .
- Waldmeier, M.: 1971, Solar Phys. 20, 332
- Xanthakis, J.: 1969, Solar Phys. 10, 168 .
- Xanthakis, J. and Poulakos, C.: 1978, Pracktica Acad. Athens, 53, 286.
- Yoshimura, H.: 1977a, Solar Phys. 47, 581
- Yoshimura, H. : 1977b, Solar Phys. 52, 41
- Yoshimura, H. : 1977c, Solar Phys. 54, 229
- Zirker, J.B.: 1971, in C.J. Macris (ed.), Phys. of solar Corona 27, 140 .
- ✱ H.M. Laboratoire de Physique Nucléaire , Université d'Athènes .

Remerciements

Nous remercions le Professeur Rösch et le Dr. Leroy pour avoir eu l'amabilité de mettre à notre disposition les mesures de l'intensité de l'Observatoire du Pic du Midi .

1.9 (PETROPOULOS et al.)

Comment : P. FOUKAL
A.E.R., Cambridge, MA (USA)

It is dangerous to assume a relationship between auroral and the coronal green line, because aurorae have 2 different causes.

Response : B. PETROPOULOS
Académie d'Athènes (Grèce)

This work has to do with the 2nd peak, for which we can estimate the solar magnetic field.

Question : P. FOUKAL

How can that be done ? (Neither Yoshimura nor Stix predicts coronal holes).

Comment : M. PICK
Observatoire de Meudon (France)

You are assuming that the green line intensity is correlated with the area of active centers ; but it also is produced in streamers.

Response : B. PETROPOULOS

That is the point of the second parameter in the equations.
