

ÉLECTROJET ÉQUATORIAL AU TCHAD

par Raymond GODIVIER et Yvonne CRENN

(Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer)

RÉSUMÉ. — Des enregistrements du champ magnétique terrestre, exécutés de février à juillet 1958 le long du méridien 18° Est à 8 stations successives ont permis de mettre en évidence certaines propriétés de l'électrojet équatorial.

Des maxima de la variation diurne de la composante horizontale ont été observés dans la matinée en des stations situées à une centaine de kilomètres au Nord et au Sud de l'équateur magnétique alors que vers midi on ne constate qu'un seul maximum au voisinage immédiat de cet équateur ; il semble que les courants ionosphériques, différents d'un jour à l'autre, par leur intensité, leur vitesse de formation, leur forme et leur position, manifestent une tendance à se resserrer vers l'équateur magnétique à midi local.

Les perturbations magnétiques sont en outre amplifiées dans la même zone mais cette amplification se produit plus tôt dans la matinée qu'à celle de la variation diurne.

ABSTRACT. — Variations of the earth magnetic field, along the meridian 18° E from February to July 1958 at 8 stations, have shown some properties of the equatorial electrojet.

Maxima of the diurnal variation of the horizontal component have been observed in the morning at stations 10 kilometers North and South of the dip magnetic equator ; at noon they join together at the magnetic equator. It seems that the ionospheric currents, which may be different from day to day in intensity, velocity of formation, form and exact location, tend to come near the magnetic equator, at noon.

Magnetic perturbations are also amplified in the same region, a little sooner than time at which the electrojet occurs.

Резюме. — Записи земного магнитного поля, исполненные с февраля до июля 1958 года вдоль 18° Восток, при 8 последующих стоянках, позволили выявить некоторые свойства экваториального электро-пучка.

Максимумы дневного колебания горизонтальной составляющей наблюдались в течении утра, в стоянках находящиеся на сотне километров к Северу и к Югу от магнитного экватора, тогда как к полудню проявляется только один максимум в непосредственном соседстве с этим экватором ; кажется что ионосферические течения, различные изо дня в день по их интенсивности, их скорости образования, их форме и их местонахождению, предъявляют склонность сгущаться к магнитному экватору в местный полдень.

К тому-же, магнитные волнения увеличены в этой-же зоне, но это увеличение происходит утром, раньше увеличения должного дневному колебанию.

INTRODUCTION

Cette note présente les résultats relatifs à l'électrojet équatorial obtenus de janvier à juillet 1958 en 8 stations situées au Tchad de part et d'autre de l'équateur magnétique ; ces résultats ont été interprétés en 1963 à la lumière des principaux faits connus à cette date.

L'augmentation de l'amplitude de la variation diurne de la composante horizontale du champ terrestre, S_a de H, aux alentours de l'équateur magnétique (inclinaison nulle), a été observée en premier à Huancayo [1] et [2] ; elle semble avoir été observée depuis par toutes les stations placées à moins de 2° au Nord et au Sud de l'équateur magnétique et, notamment, en Afrique Occidentale, Ghana et Nigéria [3]. Les observations

magnétiques résumées par OGBURN et ONWUMESILLI [4] indiquent que le courant ionosphérique, appelé électrojet équatorial, produisant les variations observées :

— se trouverait à une hauteur de l'ordre de 100 kilomètres ;

— aurait une largeur de l'ordre de 400 kilomètres ;

— correspondrait à une densité de courant parallèle à l'équateur magnétique de l'ordre de 100 à 200 ampères par kilomètre transversal pendant le maximum d'activité solaire.

OSBORNE [5] constate que cette augmentation du S_a de H est très variable d'un jour à l'autre et qu'elle est indépendante de la variation diurne observée à une station de même longitude située en dehors de l'électrojet.

Une publication récente de P. N. MAYAUD [6],

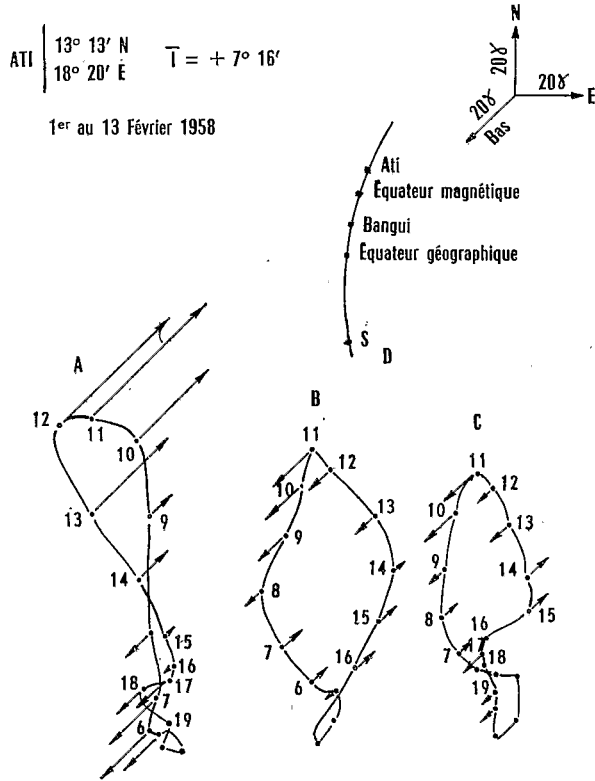


Figure 1

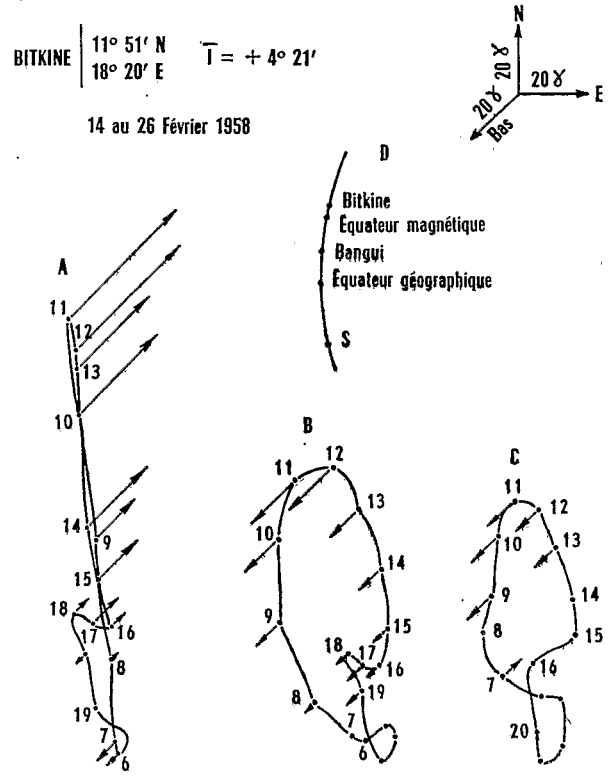


Figure 2

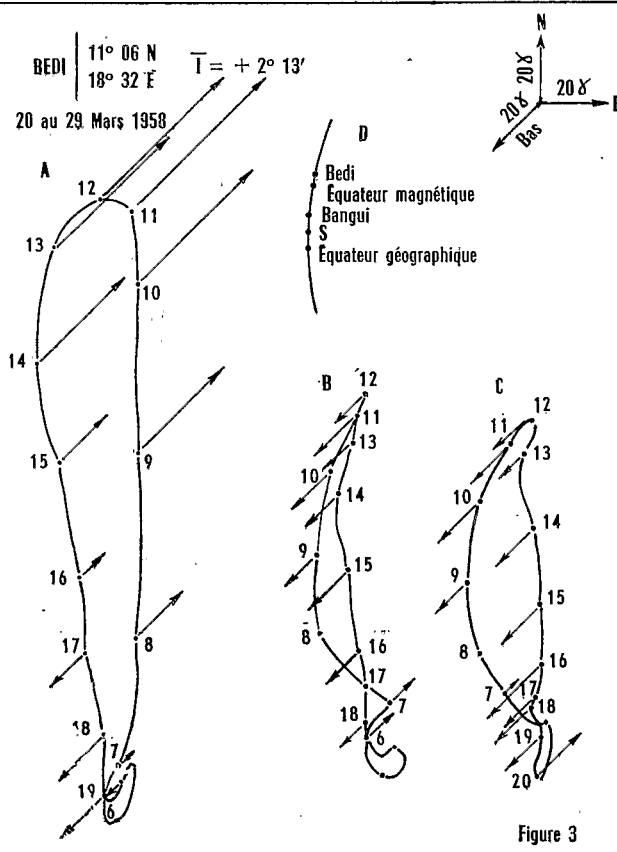


Figure 3

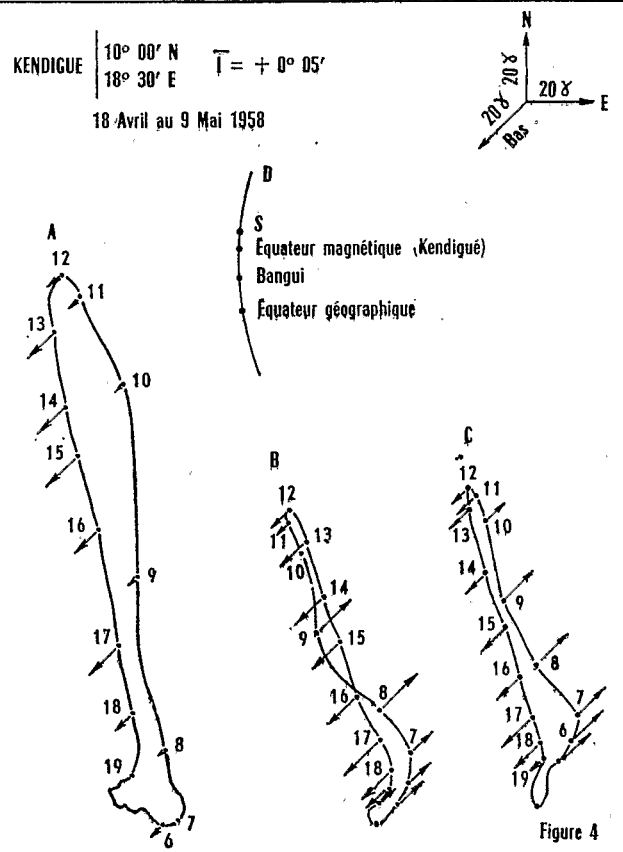


Figure 4

MARAKOUYA $9^{\circ} 21' N$ $18^{\circ} 32' E$ $\bar{T} = - 2^{\circ} 02'$

9 au 23 Mai 1958

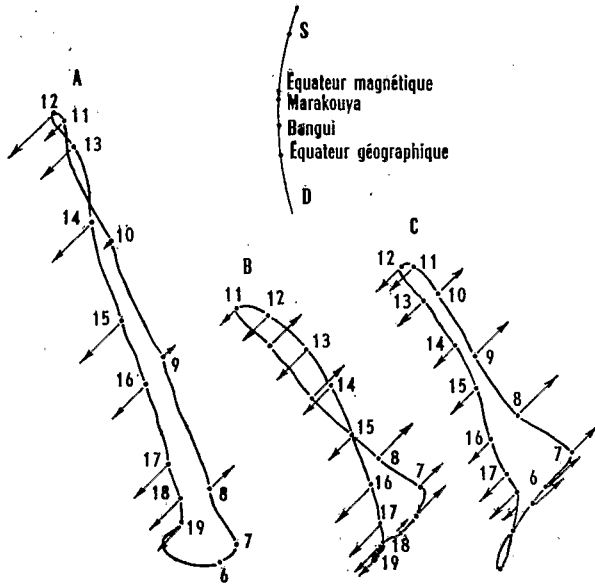
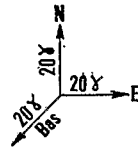


Figure 5

MOYO $8^{\circ} 41' N$ $18^{\circ} 35' E$ $\bar{T} = - 4^{\circ} 20'$

9 au 24 Juin 1958

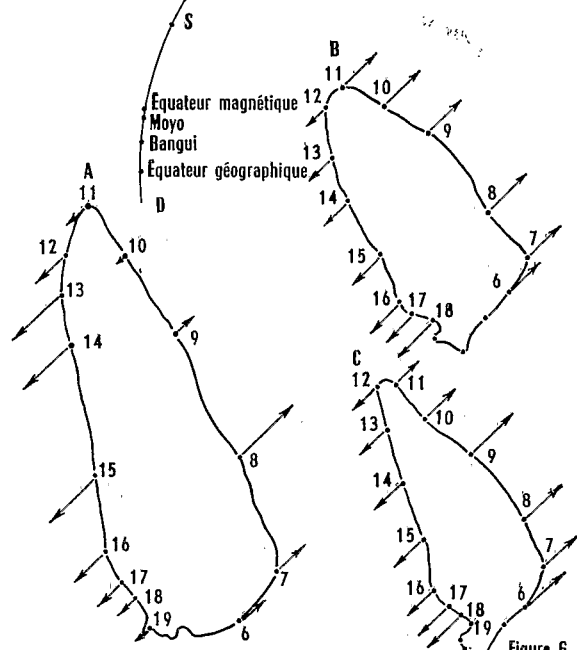
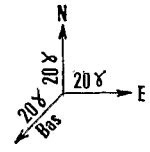


Figure 6

BOCAYANGA $7^{\circ} 46' N$ $18^{\circ} 40' E$ $\bar{T} = - 6^{\circ} 30'$

24 Juin au 7 Juillet 1958

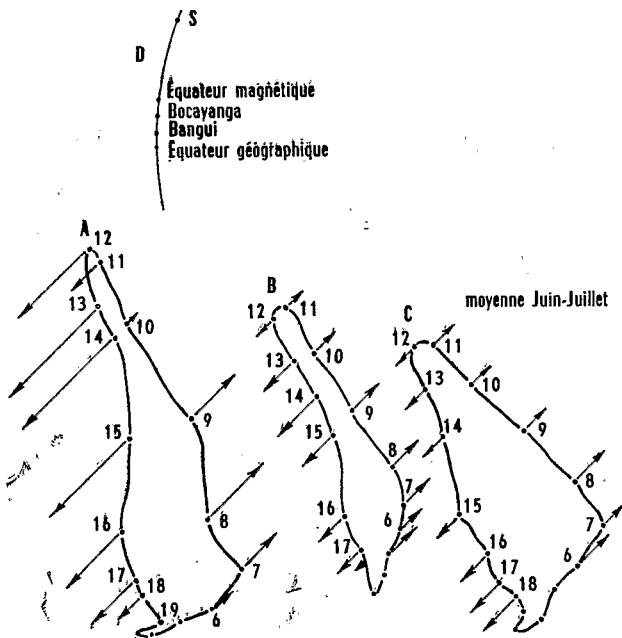
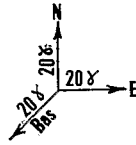


Figure 7

GARO $7^{\circ} 11' N$ $18^{\circ} 20' E$ $\bar{T} = - 7^{\circ} 42'$

7 au 21 Juillet 1958

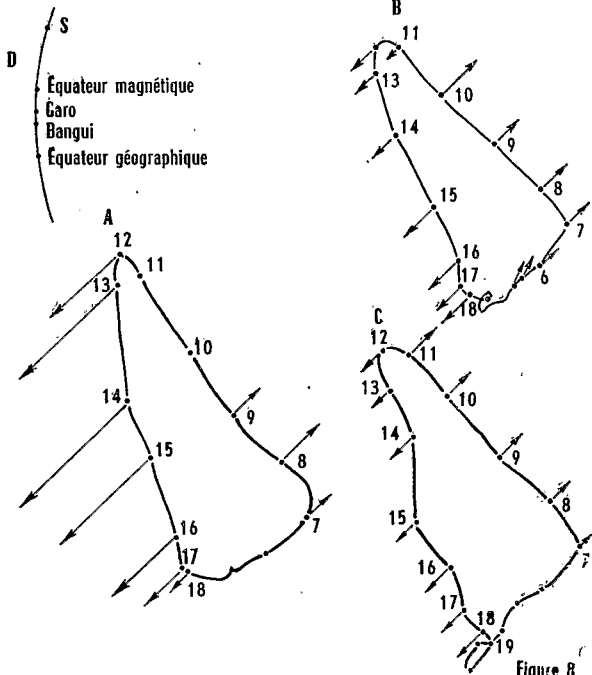
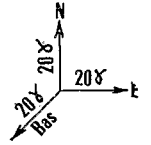


Figure 8

FIG. 1 à 8. Représentation graphique de la variation diurne S_q .
 Courbe A : station mobile
 Courbe B : Bangui pour les mêmes jours
 Courbe C : Bangui, jours calmes correspondant aux mêmes périodes.

parue dans cette même revue, résume les résultats relatifs à l'amplification des perturbations magnétiques au voisinage de l'équateur : « Que l'on utilise des mouvements individuels quelconques ou que l'on choisisse des phénomènes morphologiques particuliers, l'activité de nuit sous l'électrojet semble présenter des caractères analogues à ceux des régions tropicales, mais on observe, de jour, un accroissement considérable de cette activité, proportionnel, à l'amplitude de Sq lui-même ; cet accroissement disparaît dès que l'on sort de l'électrojet. »

D'après le caractère k trihoraire à Addis-Abbeba, P. N. MAYAUD a observé que : « l'amplification de l'activité causée par l'électrojet, en étroite relation avec l'amplification de Sq, est estimée être d'au moins 3 par forte agitation, de 5 environ par faible agitation ».

D'autre part les sondages ionosphériques montrent des anomalies de la couche E dans la zone équatoriale :

BANDYOPADHYAY et MONTES [7] analysent la fréquence d'apparition de la couche E sporadique

de type équatorial E_{sq} en fonction de la latitude sur le méridien 75° W et pour des inclinaisons magnétiques de 13° N à 6° S ; il existe dans la journée un net maximum auquel se superpose un léger minimum aux environs de 12 heures locales, mais seulement pour les stations d'inclinaison supérieure à 4° Nord ou Sud. Les deux courbes, toutes deux effectuées sur des nombres moyens, de la variation de la composante horizontale et de la fréquence d'apparition de E_{sq} , en fonction de l'inclinaison magnétique, ont une étroite ressemblance.

Les résultats obtenus par WRIGHT et HIBBERD [7] semblent confirmer ces résultats pour l'Afrique, au Ghana.

STATIONS D'OBSERVATION

Les coordonnées des stations, les dates d'observation, les valeurs moyennes du champ magnétique et de la déclinaison solaire, sont données par le tableau suivant :

STATIONS	COORDONNÉES	DATES	VALEURS MOYENNES DU CHAMP MAGNÉTIQUE				DÉCLINAISON SOLAIRE
			H	Z	D	I	
Ati	$13^{\circ} 13' N$ $18^{\circ} 20' E$	30/1 à 13/2	34376	+ 4583	$3^{\circ} 12' W$	+ $7^{\circ} 16'$	- 17° à - 13°
Bitkine	$11^{\circ} 59' N$ $18^{\circ} 13' E$	14/2 à 26/2	34629	+ 2597	$3^{\circ} 27' W$	+ $4^{\circ} 21'$	- 13° à - 9°
Bedi	$11^{\circ} 06' N$ $18^{\circ} 32' E$	20/3 à 29/3	33997	+ 1331	$3^{\circ} 30' W$	+ $2^{\circ} 13'$	0° à + 4°
Kendigue	$10^{\circ} 01' N$ $18^{\circ} 37' E$	18/4 à 9/5	33946	+ 50	$4^{\circ} 00' W$	+ $0^{\circ} 05'$	+ 10° à + 17°
Marakouya	$09^{\circ} 21' N$ $18^{\circ} 32' E$	9/5 à 23/5	33940	- 1210	$3^{\circ} 42' W$	- $2^{\circ} 02'$	+ 17° à + 21°
Moyo	$08^{\circ} 41' N$ $18^{\circ} 35' E$	9/6 à 24/6	34072	- 2579	$3^{\circ} 50' W$	- $4^{\circ} 20'$	+ 23°
Bocayanga	$07^{\circ} 46' N$ $18^{\circ} 40' E$	24/6 à 7/7	33523	- 3793	$4^{\circ} 28' W$	- $6^{\circ} 30'$	+ 23°
Garou	$07^{\circ} 11' N$ $18^{\circ} 20' E$	7/7 à 21/7	32907	- 4453	$4^{\circ} 21' W$	- $7^{\circ} 42'$	+ $22^{\circ} 5$ à + 21°

Les stations temporaires étaient donc situées sur une ligne d'une longueur de 700 kilomètres, à peu près perpendiculaire à l'équateur magnétique ; l'appareil enregistreur était un variomètre Askania dont les valeurs d'échelle étaient comprises entre 3 et 5 gammas par millimètre.

L'Observatoire permanent de Bangui, qui dispose d'un variomètre La Cour, a été utilisé comme base de comparaison ; ses caractéristiques étaient en 1958 : Bangui coordonnées :

$04^{\circ} 26' N$ $18^{\circ} 34' E$

H : 32300 γ , Z : - 8000 γ ,

D : $4^{\circ} 50' W$, I : - $14^{\circ} 00'$

RÉSULTATS MOYENS

RELATIFS A LA VARIATION DIURNE DE S_z

Les résultats moyens relatifs à la variation diurne de chaque station sont résumés sur les figures 1 à 8 ; les courbes représentent la variation diurne moyenne dans le plan horizontal, c'est-à-dire en abscisse la composante Est-Ouest et en ordonnée la composante Nord-Sud. Les flèches dont l'origine est le point représentatif de chaque heure, indiquent la variation diurne de la composante verticale Z ; la valeur zéro correspond à la moyenne des heures de la nuit où Z varie peu.

— Pour chaque station provisoire, la figure correspondante contient 3 courbes :

courbe A : moyenne des variations diurnes à la station considérée, en éliminant les forts orages ;

courbe B : moyenne analogue et pour les mêmes jours, relative à la Station de Bangui ;

courbe C : variation diurne moyenne des 5 jours calmes du mois à Bangui ; cette courbe a été tracée pour éviter d'interpréter des caractéristiques des courbes A et B qui ne sont dues qu'au nombre trop petit des jours d'observation.

La courbe D représente, sur un arc de méridien, les positions respectives des équateurs géographique, magnétique, de la station provisoire et de Bangui.

Ces différentes figures mettent en évidence 2 phénomènes superposés :

— les changements considérables de la variation diurne au cours de l'année dans les stations équatoriales ; celles-ci sont surtout sensibles sur la composante Est-Ouest qui s'inverse aux équinoxes ; la figure 9, dessinée avec le mois en ordon-

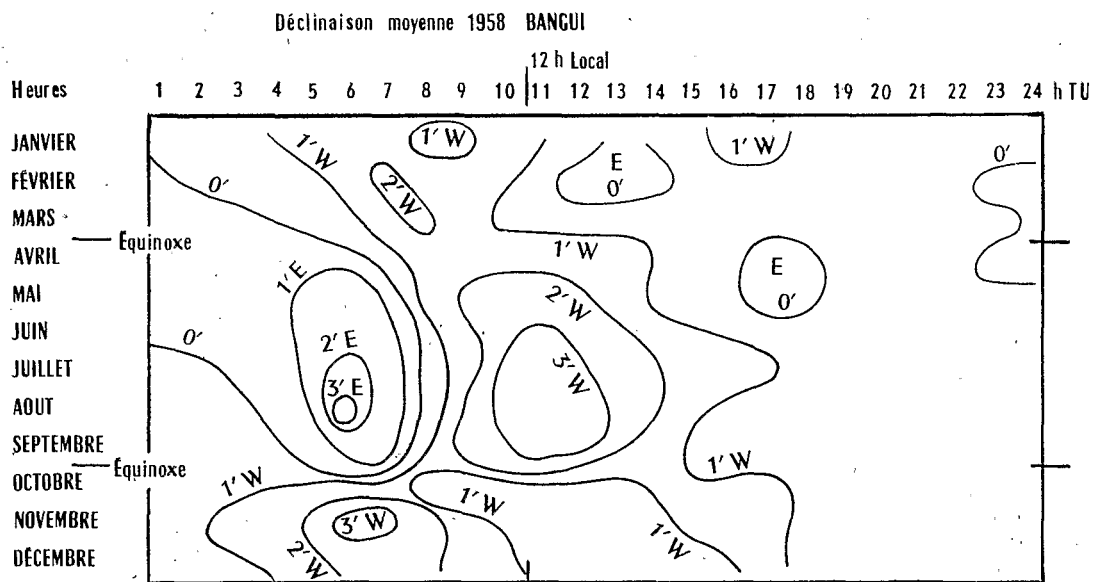


FIG. 9. — Variation au cours de l'année à Bangui, du S_q de la déclinaison, après correction de la variation séculaire. La moyenne des heures de nuit est prise comme valeur zéro.

née et l'heure en abscisse met en évidence la variation diurne de la déclinaison à Bangui en 1958, comparable à celle de Koror dans le Pacifique [8]. Celle-ci est à 20 % près la même au voisinage de l'équateur.

— l'augmentation de l'amplitude de la variation S_q de la composante horizontale au voisinage de l'équateur magnétique figures 3, 4, 5, et celle de la composante verticale à quelques centaines de kilomètres de part et d'autre figures 1, 7, 8, sont par contre des phénomènes plus localisés.

Ces résultats sont compatibles avec les résultats d'ensemble représentés par la figure 10, où :

— la courbe A représente en moyenne le plus grand écart des variations diurnes de la composante horizontale entre la station provisoire H_s et Bangui H_B ; (quoique l'on n'ait pas noté de corrélation jour à jour, entre l'intensité de la

variation diurne à Bangui et cet écart, il a été rapporté à la valeur de 100 gammas pour la variation diurne à Bangui, c'est-à-dire multiplié par le rapport $100/H_0$; H_0 est la valeur moyenne du maximum de la variation diurne de Bangui pour chaque période ; ses valeurs ont varié de 75 gammas aux solstices, à 110 gammas à l'équinoxe). Le plus grand écart ainsi déterminé, 70 gammas, se trouve un peu au Sud de l'équateur magnétique, tout au moins à la saison considérée ;

— la courbe B représente la valeur moyenne de Z à la station provisoire, à 12 heures locales, multipliée, comme dans le cas précédent, par le rapport $100/H_0$ (de façon à se rapporter à une même ionisation moyenne). Le point qui représente Bangui sur cette courbe est la moyenne de l'ensemble des mois de mesure. La courbe B paraît dissymétrique, les valeurs du Nord de l'équateur magnétique étant plus fortes que celles du Sud ;

les données expérimentales ne permettent cependant pas de l'affirmer.

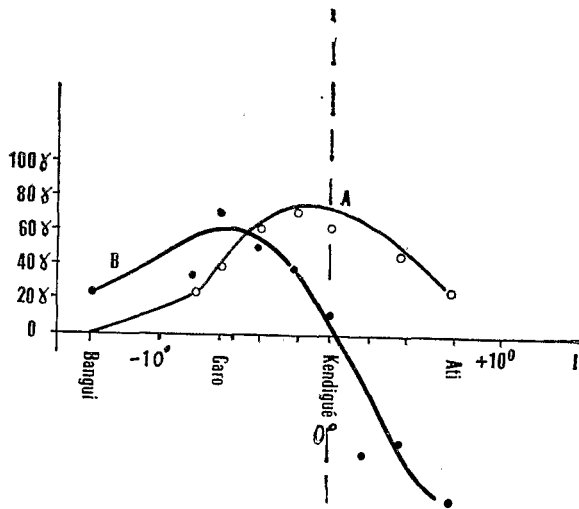


FIG. 10.

Coupe moyenne perpendiculaire à l'équateur magnétique.

Courbe A : composante horizontale due à l'électrojet $100 \frac{H_S - H_B}{H_0}$ maximum des écarts des moyennes des S_q de H à la station et à Bangui pour la même heure ; cette heure est 11 h, 12 h ou 13 heures locales selon les stations.

Courbe B : composante verticale due à l'électrojet $100 \frac{Z_S}{H_0}$

Les comparaisons heure par heure pour les différentes composantes des moyennes des variations diurnes S_q obtenues aux différentes stations mettent en évidence d'autres caractéristiques du voisinage immédiat de l'équateur magnétique.

La figure 11 représente pour chaque heure la différence $H_S - H_B$, entre les variations diurnes de H à la station et à Bangui, en fonction de l'inclinaison magnétique à la station. Les périodes d'orage magnétique ont été éliminées.

On constate que la courbe obtenue dépend de l'heure, et ceci non seulement en intensité, mais en forme générale ; la répartition dans l'espace des courants ionosphériques dépend donc de l'heure.

Les documents relatifs au Tchad ne sont pas assez abondants pour permettre de calculer une répartition de courants dans la couche E, répartition à calculer pour chaque heure, et, comme on le verra plus loin, pour chaque jour individuel.

Les phénomènes les plus nets sont :

— des valeurs négatives le matin aux stations centrales, et des valeurs positives le soir aux mêmes stations ;

— des maxima situés à une centaine de kilomètres au Nord et au Sud de l'équateur magnétique, en bordure du minimum du matin, et qui paraissent exister de 8 heures à 10 heures locales ;

plus tard, le maximum se déplace vers le centre. Dans l'après-midi la décroissance de l'électrojet semble se faire de façon plus régulière et son influence n'est perceptible que dans les stations centrales, au coucher du soleil.

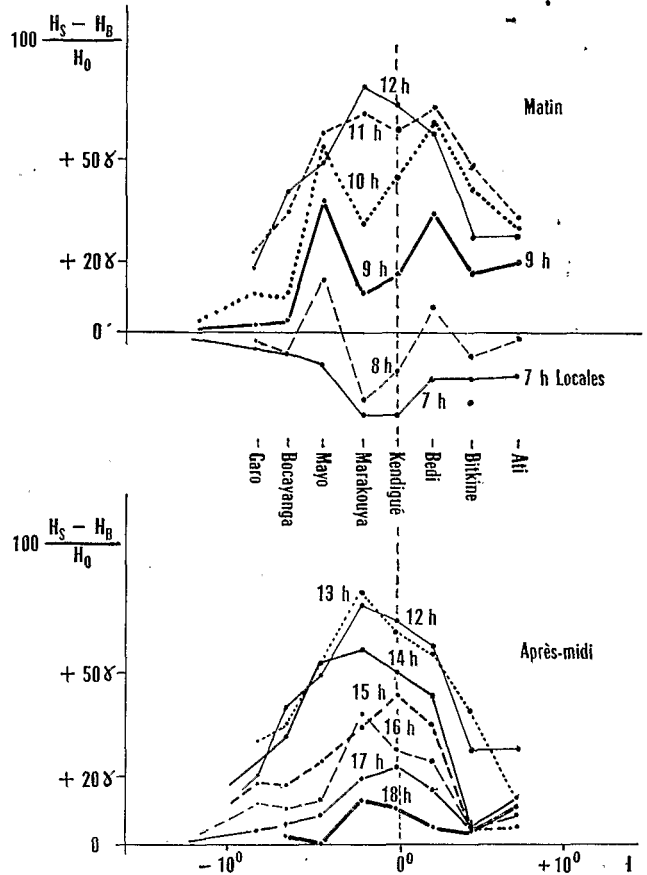


FIG. 11. — Composante horizontale de S_q , due à l'électrojet. Coupe moyenne perpendiculaire à l'équateur magnétique aux différentes heures de la journée.

Les variations de la composante verticale sont difficiles à relier à celles de la composante horizontale et contredisent l'hypothèse d'une nappe de courant parallèle à l'équateur magnétique qui se répartirait de façon uniforme sur 400 kilomètres de largeur seulement ; le matin à 8 heures et à 9 heures locales, les variations diurnes de la composante verticale à Garo et à Bucayanga, figures 7 et 8, sont plus grandes qu'à Bangui.

Le vecteur, différence des S_q de Z à la station et à Bangui, est dirigé vers le haut ; au contraire, à partir de 11 heures, il est dirigé vers le bas. Si on interprète cette différence comme l'effet d'une nappe de courants horizontaux dirigés Est-Ouest, on en conclut qu'à 8 heures et 9 heures, il pourrait exister des courants ionosphériques entre Garo et Bangui, et qu'à partir de 11 heures, ils seraient

au Nord de Garo. La croissance rapide du S_q de H à Garo et Bocayanga entre 10 heures et 11 heures est peut-être en relation avec ces courants.

Ces résultats semblent confirmer l'hypothèse d'un resserrement, au cours de la matinée, de la zone perturbée de la couche E équatoriale, resserrement qui a été constaté au Pérou [7] sur les échos de la couche E_{sq} .

Les valeurs anormales de H le matin, dès le lever du soleil, sembleraient indiquer que, au-dessus de l'équateur magnétique, l'ionosphère a, même avant d'être éclairée, des propriétés différentes de celles des régions voisines.

DIFFÉRENCES CONSTATÉES ENTRE LES S_q DE JOURNÉES SUCCESSIVES

La figure 12 permet de comparer, pour 4 jours successifs, les observations de Bangui et Kendigüe, sur l'équateur magnétique.

(Ces 4 courbes se rapportent aux 4 journées consécutives présentant le moins de ressemblance entre elles).

Les courbes $H_K - H_B$, différence entre les variations diurnes de H à Kendigüe et à Bangui, diffèrent :

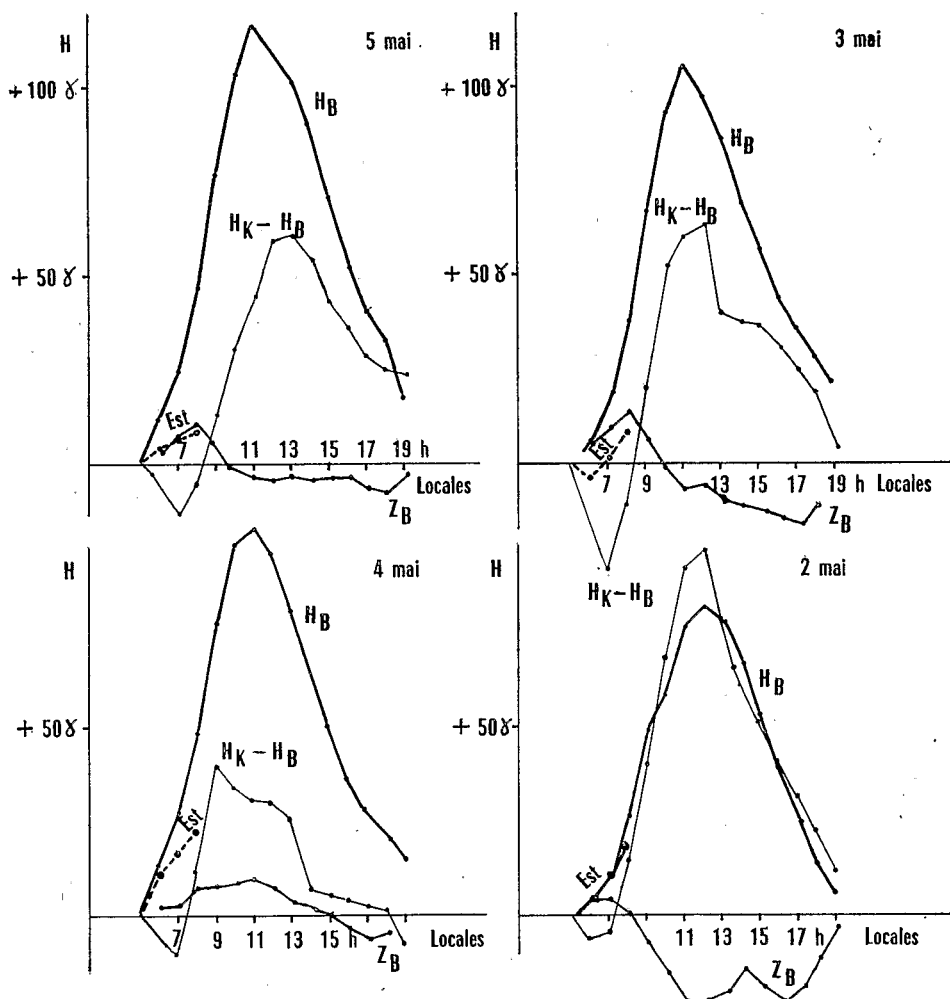


FIG. 12. — S_q 4 jours consécutifs à Kendigüe : $I = 0^\circ$

$H_K - H_B$: composante horizontale de S_q due à l'électrojet sur l'équateur magnétique

H_B : composante horizontale de S_q à Bangui.

Z_B : composante verticale de S_q à Bangui.

Est : différence des composantes Est au lever du soleil à Kendigüe et à Bangui $Y_K - Y_B$.

Même échelle en gammas pour les 3 courbes

La moyenne des valeurs de nuit est prise comme valeur zéro

— par l'amplitude du maximum, 40 à 95 gammas, ce qui correspond vraisemblablement à une variation de l'intensité des courants ionosphériques ; d'après la figure 10, il faudrait en effet supposer un déplacement de ceux-ci de 300 kilomètres, pour en rendre compte ;

— par l'amplitude du minimum du matin, 6 à 28 gammas ;

— la forme générale.

La courbe $Y_K - Y_B$, différence entre les composantes Est à Kendigie et Bangui, varie aussi entre 8 et 22 gammas au moment de son maximum ; une relation pourrait exister entre cette composante Est et le minimum de $H_K - H_B$, cette composante Est paraissant plus importante les jours où le minimum du matin n'existe pas.

Comme l'a constaté OSBORNE [5], il n'y a pas de corrélation entre la variation de H dépendant de l'électrojet $H_K - H_B$ et les variations de H à Bangui. Par contre une corrélation pourrait

exister entre $H_K - H_B$ et la variation de Z à Bangui aux environs de 12 heures locales ; la courbe de Z à Bangui, Z_B , a été portée sur la figure 12, pour permettre la comparaison pour ces jours extrêmes ; le nombre de jours d'observation n'est pas assez grand pour qu'une conclusion valable en soit tirée ; on peut seulement constater que la composante de S_q à Bangui dirigée vers le bas, est d'autant plus importante que l'effet de l'électrojet à Kendigie, $H_K - H_B$, est plus fort ; cette composante verticale de S_q à Bangui orientée vers le bas est dans le sens du champ magnétique vertical que produiraient les courants de l'électrojet ; on en déduit donc que le S_q de Z à Bangui est influencé par l'électrojet.

La figure 13 permet de comparer entre eux les phénomènes observés à la Station de Garo qui est placée en bordure de l'électrojet, d'après la courbe A de la figure 10.

On y a représenté la variation de Z à Garo, Z_G .

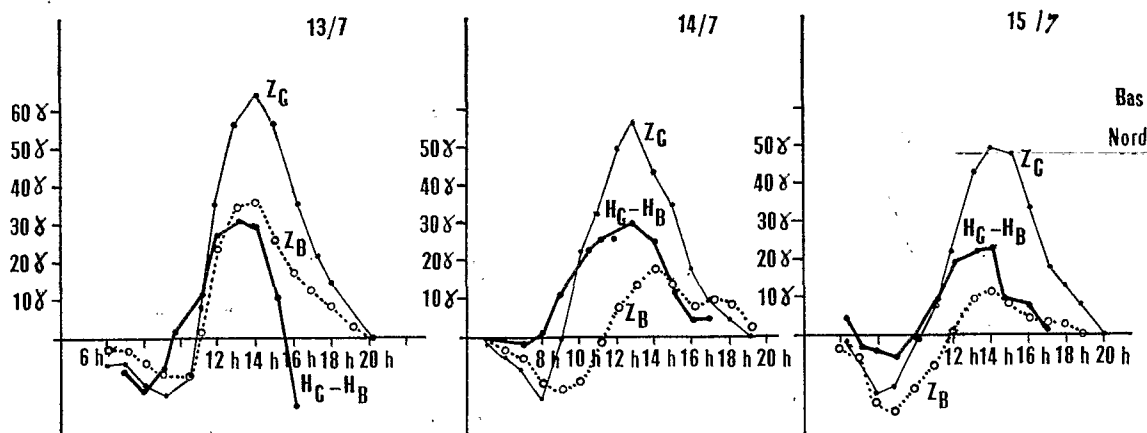


FIG. 13. — S_q 3 jours consécutifs à Garo : $I = -7^{\circ} 42'$
 Z_G composante verticale de S_q à Garo
 Z_B composante verticale de S_q à Bangui
 $H_B - H_G$: composante horizontale de S_q due à l'électrojet à Garo.

la variation de Z à Bangui, Z_B , et la différence heure par heure $H_G - H_B$ entre les variations de H à Garo et à Bangui, pour les journées des 13, 14 et 15 juillet ; ces 3 journées ont été choisies parce que leurs courbes Z_G sont analogues ; on constate qu'il n'en est pas de même pour les 2 autres courbes comme cela serait le cas si les courants occupaient une position constante, et que, seule, leur intensité variait au cours de la journée. Ceci prouve que les courants ionosphériques n'ont pas eu pendant ces 3 jours la même répartition dans l'espace.

Les variations d'un jour à l'autre portent donc sur :

— l'intensité des courants ionosphériques (maxima des courbes de la figure 12) ;

— leur vitesse de formation (pente des courbes de $H_K - H_B$, figure 12) ;

— leur forme et leur position (fig. 13).

AMPLIFICATION DES PERTURBATIONS

Les enregistrements étudiés ne sont pas utilisables pour les variations à courte période et l'on a mesuré l'amplitude des seules perturbations dont la période est comprise entre deux minutes et deux heures ; elles ont été comparées aux perturbations simultanées de Bangui. Les observations du Tchad présentent par rapport à celles de Bangui les différences suivantes :

— augmentation de la composante horizontale

Rapport des perturbations ATI-BANGUI

1^{er} au 13 Février 1958

$I = + 7^{\circ} 16'$

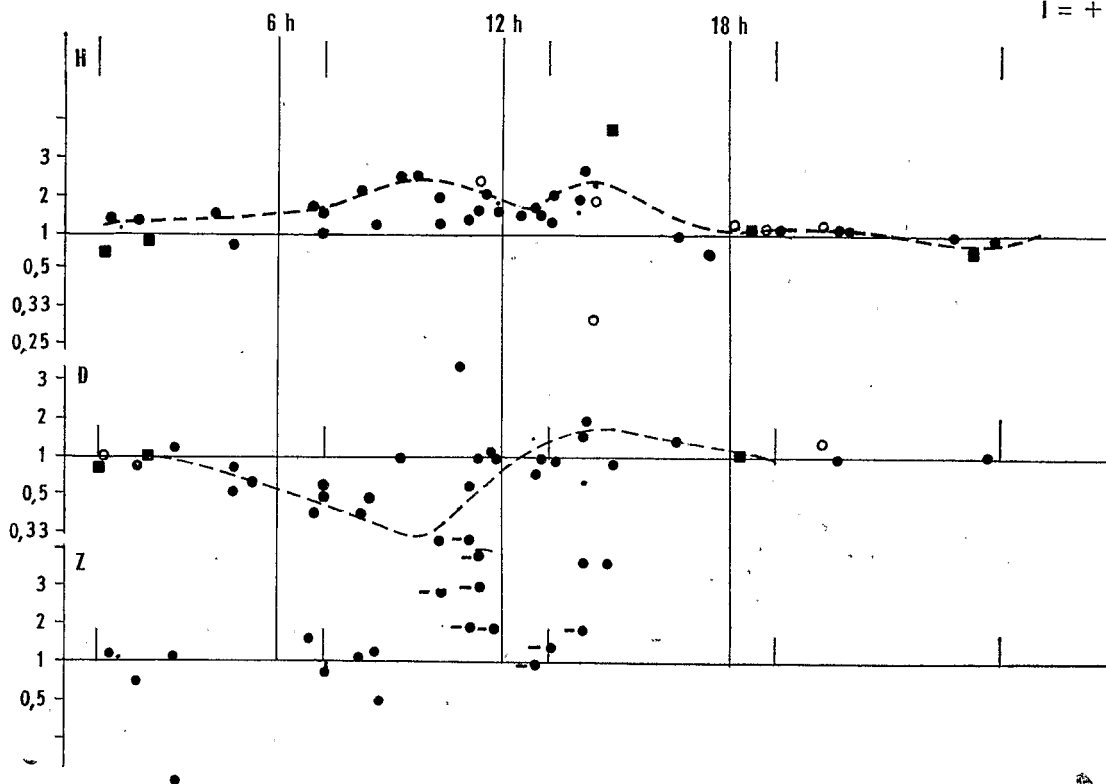


FIG. 14

Rapport des perturbations BITKINE-BANGUI

14 au 26 Février 1958

$I = + 4^{\circ} 21'$

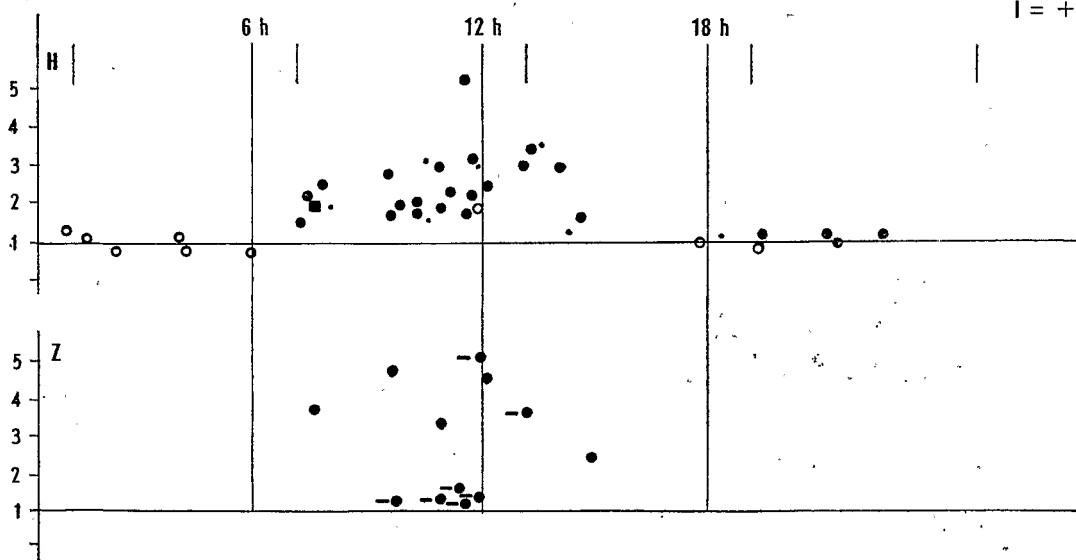
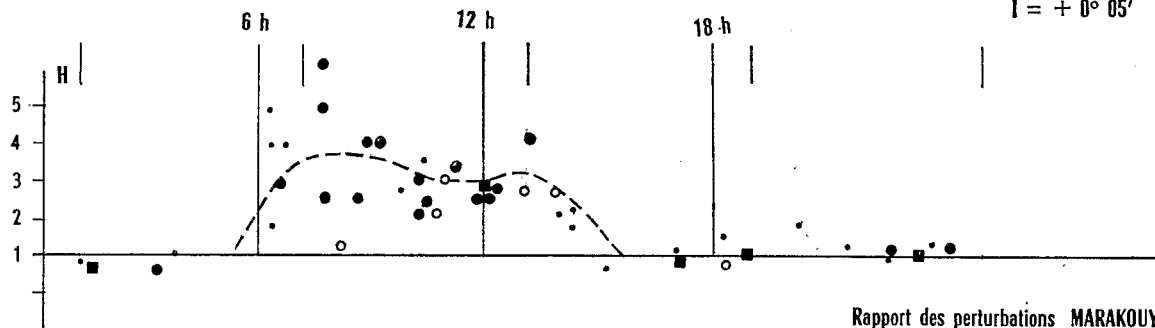


FIG. 15.

Rapport des perturbations KENDIGUE - BANGUI

18 Avril au 9 Mai 1958

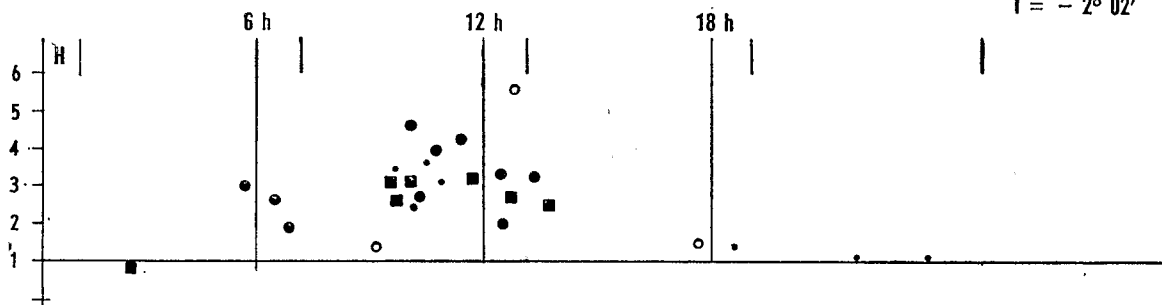
$I = + 0^{\circ} 05'$



Rapport des perturbations MARAKOUYA - BANGUI

9 au 23 Mai 1958

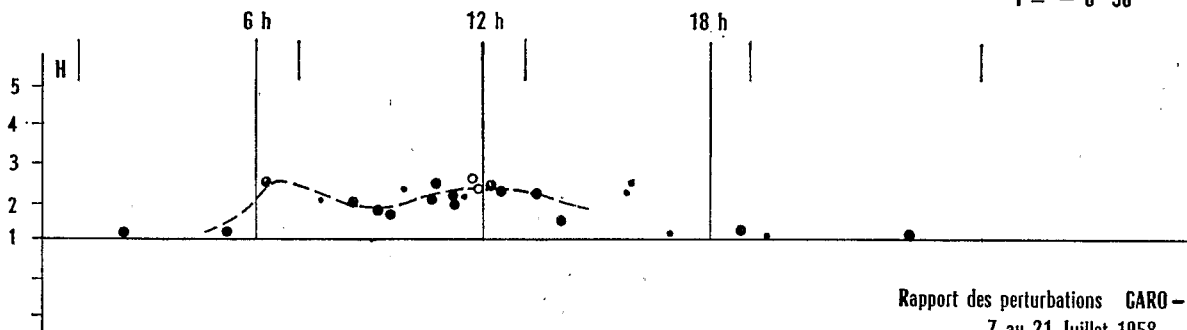
$I = - 2^{\circ} 02'$



Rapport des perturbations BOCAYANGA - BANGUI

24 Juin au 7 Juillet 1958

$I = - 6^{\circ} 30'$



Rapport des perturbations CARO - BANGUI

7 au 21 Juillet 1958

$I = - 7^{\circ} 42'$

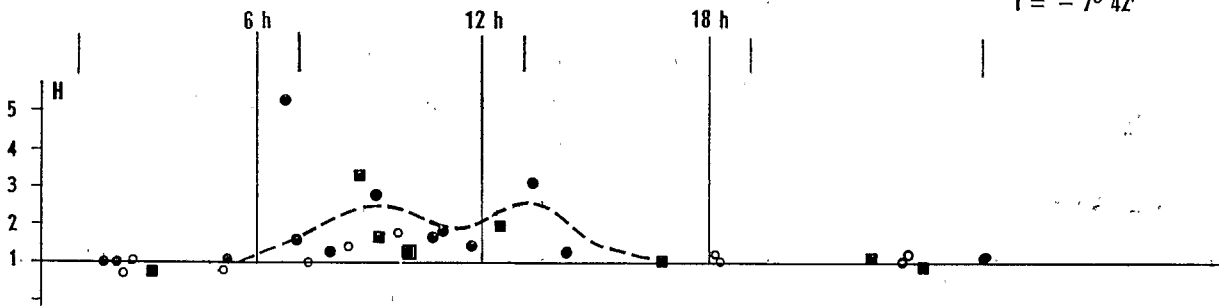


FIG. 14 à 19. Rapport de l'intensité des perturbations à la station mobile et à Bangui, en fonction de l'heure.

• Point se rapportant à une journée ou $Kp < 20$ (indice k planétaire)

○ Point se rapportant à une journée ou $20 < Kp < 25$.

● Point se rapportant à une journée ou $25 < Kp < 30$.

× Point se rapportant à une journée ou $Kp > 30$.

Si le rapport est négatif, le point est précédé du signe —

des perturbations à certaines heures de la journée ; cette augmentation est observée à toutes les stations. Le rapport d'amplification ne varie pas en fonction de l'heure, de la même façon que celui relatif à la variation diurne, figures 14 à 19 : dès le lever du soleil les perturbations ont une amplification voisine du maximum, alors que la variation diurne S_q propre à l'électrojet est négative ; on observe un léger minimum de l'amplification un peu avant 12 heures, donc au moment où le courant global de l'électrojet est maximum.

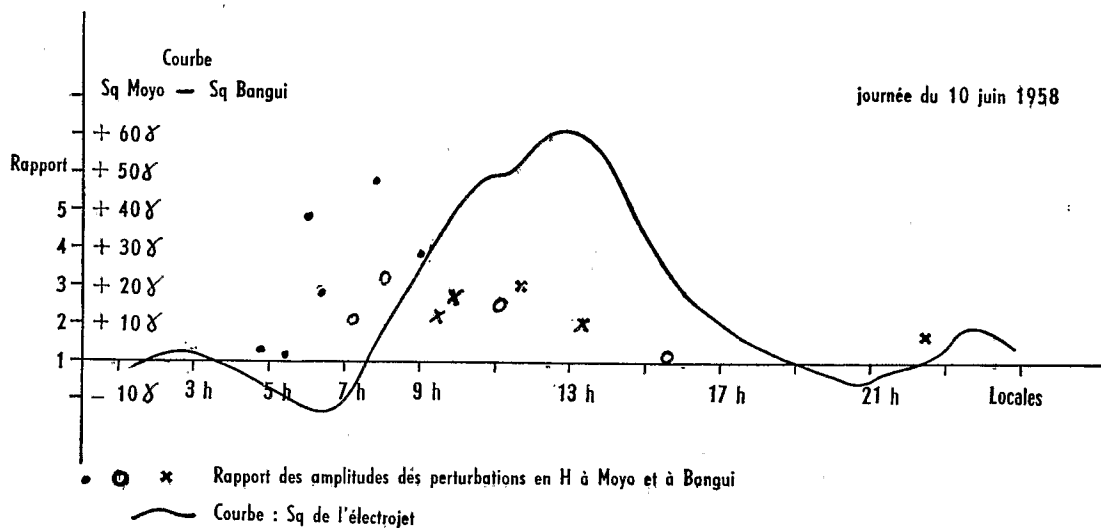


Fig. 20. — Rapport de l'intensité des perturbations de H, à Moyo et à Bangui, et variation diurne de H due à l'électrojet, pour une même journée.

δ Période < 10 minutes.
○ 10 minutes < Période < 25 minutes.
× Période > 25 minutes.

sont faibles aux 4 stations centrales, Bédi, Kengigou, Marakouya et Moyo ; elles sont souvent inférieures à celles observées à Bangui et il n'a pas été fait de graphique correspondant. Aux deux stations Sud, Bocayangou et Garo, on constate à la fin de la matinée une augmentation importante des perturbations verticales, atteignant trois fois l'amplitude observée à Bangui ; cependant on a observé aussi, certains jours, à ces deux stations, une augmentation de la composante verticale dans la soirée et la nuit, non accompagnée d'augmentation de la composante horizontale ; un autre effet, qui sera exposé au paragraphe suivant, se superpose donc quelquefois à l'effet de l'électrojet. Il n'a donc été fait de graphiques que pour les deux stations Nord, Ati et Bitkine, graphiques 14 et 15. A Ati les composantes verticales des perturbations sont toutes de sens opposé à celles de Bangui, entre 10 heures et 14 heures alors que, plus tôt, elles sont de même sens ; cela semble indiquer que les zones de l'ionosphère responsables de l'amplification sont au

Au cours d'une même journée, le rapport d'amplification varie de façon irrégulière comme le montre la figure 20 relative à la journée du 10 juin à la station de Moyo ; dans un intervalle d'un quart d'heure le rapport d'amplification peut varier de 3 à 6 : à 7 h 40, une faible perturbation de période 6 minutes est amplifiée dans le rapport 6, alors qu'à 7 h 50, une autre perturbation de période 15 minutes est amplifiée dans le rapport 3,5.

— les composantes verticales des perturbations

Sud d'Ati, donc au voisinage immédiat de l'équateur magnétique, seulement après 10 heures ; on est donc amené à supposer un resserrement de ces zones dans la matinée, résultats auquel l'étude de la variation diurne avait déjà conduit. Les quelques observations de Bitkine confirment le résultat obtenu à partir de la station d'Ati.

— les composantes Est des perturbations ne sont nettement différentes de celles de Bangui qu'aux stations de bordure, Ati et Garo ; le nombre d'observations est trop faible pour permettre une interprétation ; seul le graphique 14, relatif à Ati, représente la composante Est.

Aucune hypothèse n'est faite sur le mécanisme d'amplification des perturbations :

— on peut éliminer une influence importante de l'induction dans le sous-sol des stations d'observation, car l'amplification ne dépendrait pas de l'heure ;

— il est probable que l'amplification se fait dans la même zone de l'ionosphère que l'ampli-

fication de la variation diurne, car la composante verticale est nettement amplifiée aux mêmes stations ;

— l'induction dans l'ionosphère intervient sans doute, mais d'une façon très variable, comme le montrent les trois exemples de la figure 21 rela-

tifs à la station de Garo. Les 3 accidents de H, respectivement à 10 h 30, 12 h 10 et 1 h 15 produisent sur les autres composantes des crochets ou une variation amortie qui pourraient faire penser à un phénomène d'induction, mais la couche conductrice qui pourrait intervenir ne

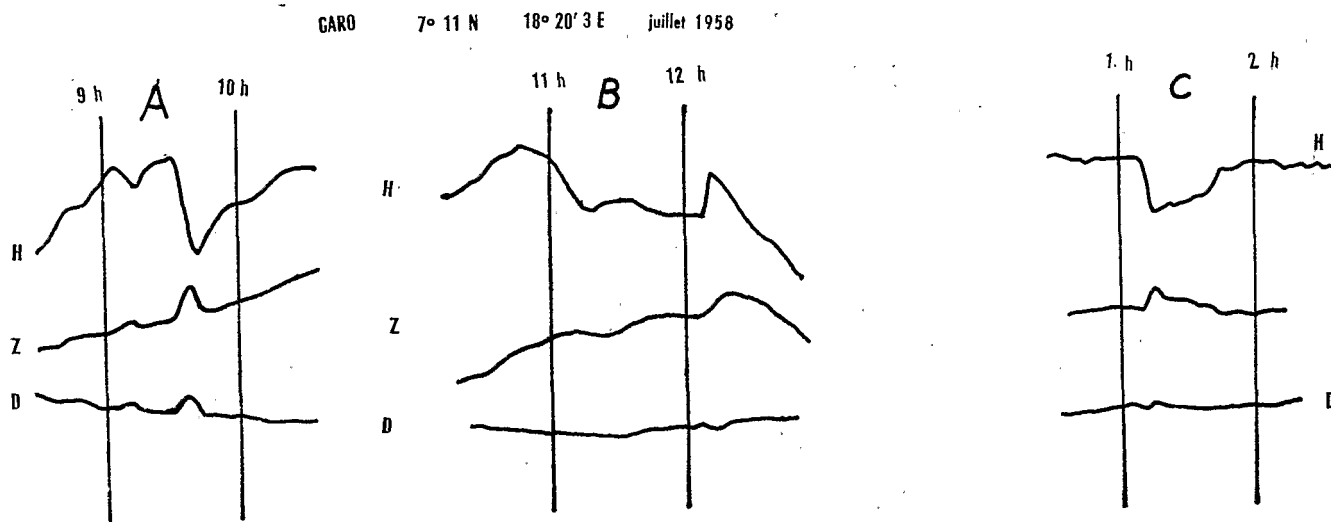


FIG. 21. Variations brusques de H associées à un crochet de Z et de D.

serait pas la même dans les trois cas. D'autre part, l'influence de la période sur le taux d'amplification n'est pas nette : quoique des amplifications de la composante horizontale supérieures à 5 n'aient été observées que pour des périodes inférieures à 15 minutes, on n'a pas noté de variation systématique de l'amplification en fonction de la période ;

— l'amplification des perturbations ne dépend pas du courant total de l'électrojet, puisqu'elle est importante dès le lever du soleil ; elle pourrait être liée à l'existence d'irrégularités de la densité électronique ; si cela était exact, on pourrait s'attendre à trouver une relation avec la fréquence des échos sporadiques mis en évidence par les sondages ionosphériques.

OBSERVATIONS

PRÉSENTANT UN CARACTÈRE MOINS GÉNÉRAL

Au cours de l'intense "solar flare effect" du 23 mars 1958 enregistré à la station provisoire de Bédi, vers 12 heures locales, avec un maximum de 300 gammas à Bédi, le rapport d'amplification des composantes horizontales a varié de façon très régulière entre 2,5 et 3,0, le rapport des compo-

santes verticales variant régulièrement également de — 0,6 à — 0,9. La plus grande partie des courants a donc passé entre Bédi et Bangui et beaucoup plus près de Bédi que de Bangui, donc dans la région de l'électrojet. Dans ce cas, le rapport d'amplification est celui rencontré pour les perturbations, mais sa constance pendant une heure et demie semble indiquer que le mécanisme de l'amplification a joué dans une région beaucoup plus étendue que celle responsable de l'amplification des autres perturbations.

Quelques enregistrements montrent une amplification des perturbations magnétiques de nuit au voisinage de l'équateur magnétique. Ce phénomène n'a été observé que pendant un fort orage magnétique aux stations de Garo et de Bocayanga en été boréal, figure 22. Il n'a pas été observé à Ati où un très fort orage a été enregistré en hiver, figure 14.

Pendant l'orage magnétique nocturne du 9 juillet où les perturbations en Z sont 3 fois plus fortes, à Garo qu'à Bangui, alors que les composantes Nord et Est sont du même ordre, on constate un remarquable parallélisme de la composante dirigée vers le haut et de celle dirigée vers l'Ouest.

La figure 22 montre que ce parallélisme n'existe pas pendant le milieu de la journée, ce qui empêche

GARU le 8 au 9 juillet 1958

7° 11' N 18° 20' 3" E

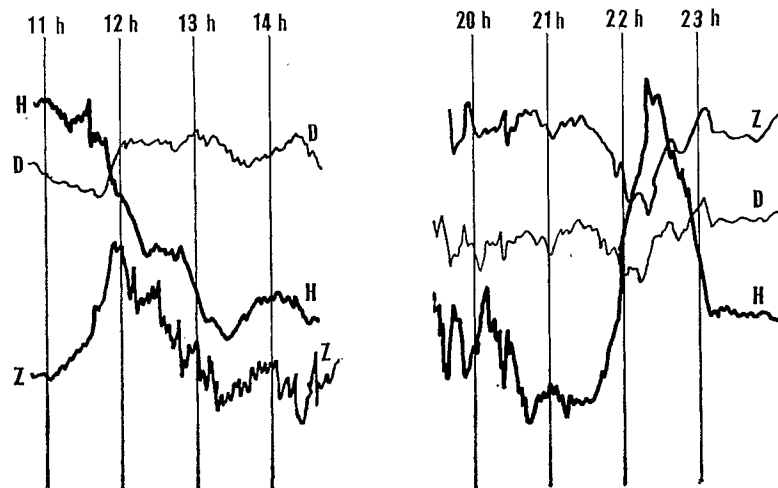
 $\overline{H} = 32\ 907$ $\overline{D} = 4^{\circ}\ 20'\ 6$ $\overline{Z} = -\ 4453$ 

Fig. 22. — Courbes enregistrées à Garu le 8 juillet.
Similitude de Z et D la nuit seulement.

d'en attribuer l'origine uniquement au sous-sol. Un phénomène d'induction pourrait intervenir comme l'a indiqué GLOVER dans une observation similaire dans les Philippines. Les changements de sens de variation de Z vers 21 heures correspondent en effet à des changements de vitesse de variation de H, ce qui indique une relation entre Z et la dérivée de H.

Plusieurs stations d'observations seront nécessaires pour déterminer l'altitude où se produit cette amplification nocturne des perturbations verticales.

CONCLUSION

L'amplification des perturbations se produit donc dans la même région que l'amplification de la variation diurne, mais pas exactement aux mêmes heures ; il y a lieu de rechercher si ce phénomène, qui varie rapidement dans le temps, est observé de la même façon en plusieurs stations de même latitude. Il pourrait peut-être permettre une étude plus détaillée de l'électrojet.

Manuscrit reçu le 15 novembre 1964.

Modifié le 16 décembre 1964.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] JOHNSTON, McNISH and others, Magnetic results from Huancayo observatory Peru 1922-1935, *Carnegie Institution Washington*, Publ. 175, Washington 1948.
- [2] EGEDAL J., 1947, The magnetic diurnal variation of the horizontal force near the magnetic equator, *T. M.* 52, 449-451.
- [3] ONWUMECHILLI, 1959 a, A study of the equatorial electrojet, *J. atmosph. terrest. Phys.* 13, 222-234.
- [4] OGBUEHI and ONWUMECHILLI, 1963, Recent measurements of the magnetic field near the magnetic equator, *J. Geoph. Res.* 68, 2421-34.
- [5] OSBORNE, 1963, Daily variation in strength of the equatorial electrojet, *J. Geoph. Res.* 68, 2435-40.
- [6] MAYAUD P. N., 1963, Électrojet équatorial et activité magnétique, *Ann. Geoph. Fr.* 19, 164-179.
- [7] BANYOPADHYAY and MONTES, 1963, Some aspects of E_s ionization, *J. Geoph. Res.* 68, 2453-84.
- [8] GETTEMY, 1962, Magnetic daily variation at Koror, *J. Geoph. Res.* 67, 1885-88.

Geophys. et Chron.

**EXTRAIT DES
ANNALES DE GÉOPHYSIQUE**

Tome 21, 1965

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n° 45059

28 MAI 1965

Geoph.