

I A G A Bulletin No. 21

INTERNATIONAL UNION OF GEODESY AND GEOPHYSICS

ASSOCIATION OF GEOMAGNETISM AND AERONOMY

ATLAS OF INDICES K

1. Text

by P.N. MAYAUD

Published for the International Council of Scientific Unions with the
financial assistance of Unesco

IUGG PUBLICATION OFFICE, 39 TER, RUE GAY-LUSSAC, PARIS (V)
PRINTED BY KRIPS' REPRINT COMPANY, MEPEL HOLLAND

1967

How to cite:

Mayaud, P. N., & IAGA (1967). *IAGA Bulletin No. 21, Atlas of Indices K, Text and Figures*. IUGG Publications Office. <https://doi.org/10.25577/gb4j-zn77>

INTERNATIONAL UNION OF GEODESY AND GEOPHYSICS

ASSOCIATION OF GEOMAGNETISM AND AERONOMY

ATLAS OF INDICES K

1. Text

by P.N. MAYAUD

Published for the International Council of Scientific Unions with the
financial assistance of Unesco

IUGG PUBLICATION OFFICE, 39 TER, RUE GAY-LUSSAC, PARIS (V)
PRINTED BY KRIPS' REPRINT COMPANY, MEPEL HOLLAND

I A G A Bulletin No. 21

INTERNATIONAL UNION OF GEODESY AND GEOPHYSICS

ASSOCIATION OF GEOMAGNETISM AND AERONOMY

ATLAS OF INDICES K

1. Text

by P.N. MAYAUD

Published for the International Council of Scientific Unions with the
financial assistance of Unesco

IUGG PUBLICATION OFFICE, 39 TER, RUE GAY-LUSSAC, PARIS (V)
PRINTED BY KRIPS' REPRINT COMPANY, MEPEL, HOLLAND

1967

Unesco subvention - 1966 - AVS/414/22

FOREWORD

One of the many important contributions that the late Professor J. Bartels made to the subject of Geomagnetism was the introduction about 25 years ago of the K and Kp indices for measuring the magnetic effects of solar corpuscular radiation. The tables of these indices, prepared by Dr. Veldkamp and his associates at De Bilt and Göttingen have become an indispensable tool to many investigators, and numerous, and sometimes unexpected, uses have been made of them. Professor Bartels was continually striving to improve the methods for determining them, so as to increase their reliability and usefulness. As Chairman of the IAGA Committee on Characterisation of Magnetic Activity, he initiated many actions with this end in view. In particular, his Committee decided at the Helsinki Assembly in 1960 to ask Dr. P. N. Mayaud, who had already made a considerable study of this problem, to prepare an "Atlas of K-indices", as a guide to Observatory personnel concerned with determining these indices.

Dr. Mayaud has undertaken this task with enthusiasm and energy. He has visited many magnetic observatories and other institutions throughout the world, and has studied some thousands of magnetograms, as well as the various methods used for estimating K at different observatories. He has also made some considerable interpretational and theoretical studies. The results of his labours, extending over more than four years, are substantial and are incorporated in the present Atlas, which should also be regarded as a guide to the theory, as well as to the determination, of K-indices.

This Atlas should therefore prove of great value not only to Observatory personnel, but equally to the research worker. In particular, Chapter 4 of Part I will be of special interest to those who wish to use the K indices and Chapters 1, 3, 4 of Part II to those who wish to study some of the basic concepts in the theory of transient variations.

It would not have been possible to produce the Atlas without the considerable help afforded to Dr. Mayaud by many people, and I wish, as Chairman of Commission IV of IAGA, to express the thanks of the Association to the Directors and personnel of those Observatories visited by Dr. Mayaud for their hospitality and assistance to him, and also to the many other people who have assisted him in one way or another.

Finally, I wish to express the thanks of the Association to Dr. Mayaud himself for the great effort he has put into this work. I commend it to all who are concerned with K-indices, and am confident that it will prove of the greatest value.

Albert T. PRICE

September 15, 1965.

A V E R T I S S E M E N T

1/ Par rapport aux directives antérieures données dans les Annales de l' A. G. I. (vol. IV), les directives données dans cet Atlas ne comportent que deux modifications:

- ne plus utiliser la composante verticale Z dans la mesure de l'indice K (cf. p. 3),
- ne plus mesurer l'indice K' en cas de s. f. e. présumé (cf. p. 45).

2/ La définition classique des variations-K et des variations-non-K, qui repose sur la distinction entre les effets de la radiation solaire corpusculaire P et ceux de la radiation solaire ondulatoire W, sera utilisée tout au long de la Première Partie. Ce n'est que lorsque le problème de l'identification des variations-non-K sera abordé dans la Deuxième Partie qu'une définition plus générale des variations-K et des variations-non-K sera donnée, telle que les connaissances actuelles sur les variations transitoires du champ magnétique terrestre semblent l'exiger.

3/ Le Chapitre 4 de la Première Partie concerne plutôt les utilisateurs de l'indice K que les observateurs; ceux-ci, ainsi qu'il est souligné p. 3, peuvent se contenter de lire les paragraphes 1 et 6 de ce Chapitre. D'autre part, la remarque faite à la fin de l'introduction du Chapitre 4 de la Seconde Partie est essentielle: selon la latitude de son observatoire, l'observateur peut choisir dans ce Chapitre les paragraphes qui le concernent. La Table Analytique à la fin de ce Volume peut permettre à l'observateur de consulter aisément l'Atlas s'il désire y revenir au cours des mesures. La liste des Références lui fait suite.

4/ Les figures auxquelles le texte de ce Volume renvoie sont toutes contenues dans le Volume 2.

REMERCIEMENTS.

Le Prof. J. Bartels avait suivi attentivement le progrès de ce travail dont il avait eu l'initiative; je regrette profondément qu'il n'ait pu en contrôler l'achèvement.

Je voudrais d'autre part remercier plus spécialement:

- les Observateurs et Directeurs d'Instituts qui m'ont reçu et m'ont donné toutes facilités pour travailler, et en particulier les Directeurs des Instituts où j'ai effectué un stage plus long (Institut de Physique du Globe d'Alger, Observatoire d'Addis Abéba, Royal Greenwich Observatory, Meteorological Office of Edinburgh, Ludwig-Maximilians-Universität München, Istituto Geofisica di Roma, Observatoire de Ksara, Tromsø Nordlys Observatoriet, Det Danske Meteorologisk Institut),
- le Prof. S. Chapman, le Prof. A. T. Price et le Dr. D. Van Sabben, ainsi que les Membres du Groupe de Travail des Indices Magnétiques, dont les conseils m'ont été précieux,
- le Prof. J. Veldkamp, Directeur du Service International des Indices Magnétiques, qui a eu la lourde charge de l'organisation de mon travail et de la publication de l'Atlas,
- le Prof. E. Thellier, Directeur de l'Institut de Physique du Globe de Paris, et le Directeur du Centre National de la Recherche Scientifique qui m'ont permis de consacrer la plus grande partie de mon activité pendant quatre ans à la préparation de l'Atlas,
- le IAGA et l'UNESCO qui ont assumé la charge financière de mes voyages.

NOTE

1/ With respect to the previous directions given in the I. G. Y. Annals (vol. IV), the directions given in this Atlas involve only two modifications:

- no longer using the vertical component Z in the measurement of the K index (cf. p. 3),
- ceasing the measurement of the K' index in the case of a presumed s. f. e. (cf. p. 45).

2/ The classical definition of K-variations and non-K-variations, which rests on the distinction between the effects of the solar corpuscular radiation P and those of the solar wave radiation W, will be used throughout the First Part. When the problem of the identification of the non-K-variations is considered in the Second Part, a more general definition of the K-variations and non-K-variations will be given, which the present knowledge of the transient variations of the terrestrial magnetic field seems to demand.

3/ Chapter 4 of the First Part concerns the users of the K index rather than the observers; the latter, as it is emphasized p. 3, can limit themselves to paragraphs 1 and 6 of this Chapter. Moreover, the remark made at the end of the introduction to Chapter 4 of the Second Part is essential: according to the latitude of his observatory, the observer can select from this Chapter the paragraphs which concern him. The Analytical Table at the end of Volume 1 can permit the observer to consult easily the Atlas if he so wishes during the course of his measurements. The list of References follows it.

4/ The figures to which the text of this Volume refers are all contained in Volume 2.

ACKNOWLEDGMENTS.

Prof. J. Bartels had followed closely the progress of this work of which he had been the initiator. I deeply regret that he could not supervise its completion.

On the other hand, I wish to thank especially:

- the Observers and Directors of Institutes, who have received me and given me all facilities for working, and, in particular, the Directors of the Institutes where I have made prolonged stays (Institut de Physique du Globe d'Alger, Addis-Ababa Observatory, Royal Greenwich Observatory, Meteorological Office of Edinburgh, Ludwig-Maximilians-Universität München, Istituto Geofisica di Roma, Observatoire de Ksara, Tromsø Nordlys Observatoriet, Det Danske Meteorologisk Institut),
- Prof. S. Chapman, Prof. A. T. Price and Dr. D. Van Sabben, as well as the Members of the Working-Group on Magnetic Indices, whose advice has been very helpful,
- Prof. J. Veldkamp, Director of the International Service of Geomagnetic Indices, who has had the heavy responsibility of the organization of my work and of the publication of the Atlas,
- Prof. E. Thellier, Director of the "Institut de Physique du Globe", and the Director of the "Centre National de la Recherche Scientifique" who have allowed me to devote the greater part of my activity during four years to the preparation of the Atlas,
- the IAGA and UNESCO which assumed the financial support of my travels.

TABLE DES MATIERES

Introduction	1
<u>PREMIERE PARTIE : L'INDICE K</u>	
1. BASE EXPERIMENTALE DE LA MESURE: AMPLITUDE a	3
2. DEFINITION DE L'INDICE K	5
3. TECHNIQUE DES MESURES	
1. Description des grilles	5
2. Utilisation de la grille	7
3. Les cas "frontière"	10
4. Peut-on incliner la grille ?	11
5. Enregistrements incomplets	12
6. Conclusion	13
4. SIGNIFICATION DE L'INDICE K	
1. Aspect des variations magnétiques mesurées par l'indice K	14
2. Utilisation des seules composantes horizontales H et D	15
3. Détermination de l'indice K par la plus grande amplitude a des deux composantes H et D	16
4. Longueur de l'intervalle Δt	21
5. Echelle quasi-logarithmique	30
6. Signification des mesures	36
<u>DEUXIEME PARTIE : IDENTIFICATION DES VARIATIONS-NON-K</u>	
1. DEFINITION DES VARIATIONS-K ET DES VARIATIONS-NON-K	
1. Genèse de la définition classique	38
2. Définition de la "variation journalière régulière" S_R	40
3. Classification des variations-non-K	43
1. La variation S_R	43
2. La variation L	44
3. L'effet de post-perturbation	44
4. Le s. f. e. ?	45
4. Conclusion	45
2. ELEMENTS D'UNE BASE OBJECTIVE DE L'IDENTIFICATION DES VARIATIONS-NON-K	46

C O N T E N T SIntroduction

1

FIRST PART : THE INDEX K

1.	EXPERIMENTAL BASIS OF THE MEASUREMENT: THE AMPLITUDE a	3
2.	DEFINITION OF THE K INDEX	5
3.	MEASURING TECHNIQUE	
1.	Description of the gauge	5
2.	Use of the gauge	7
3.	Border cases	10
4.	May the gauge be tilted ?	11
5.	Incomplete records	12
6.	Conclusion	13
4.	THE MEANING OF THE K INDEX	
1.	Which aspect of magnetic variations is measured by K-index ?	14
2.	Use of only the horizontal components H and D	15
3.	Determination of K-index by the greater amplitude a of the two components H and D	16
4.	Length of the interval Δt	21
5.	Quasi-logarithmic scale	30
6.	Meaning of the measurements	36

SECOND PART : IDENTIFICATION OF THE NON-K-VARIATIONS

1.	DEFINITION OF K-VARIATIONS AND NON-K-VARIATIONS	
1.	Genesis of the classical definition	38
2.	Definition of the "regular daily variation" S_R	40
3.	Classification of non-K-variations	43
1.	The S_R variation	43
2.	The L variation	44
3.	The post-perturbation effect	44
4.	The s. f. e. ?	45
4.	Conclusion	45
2.	ELEMENTS OF AN OBJECTIVE BASIS FOR THE IDENTIFICATION OF THE NON-K-VARIATIONS	46

3.	REGLES D'UNE DISCRIMINATION ENTRE S_R ET VARIATIONS-K	48
1.	Propriétés des événements-SD	50
2.	Description des variations-K d'allure régulière	54
1.	Latitudes aurorales	54
2.	Latitudes moyennes	54
3.	Basses latitudes	55
3.	Règles pratiques pour une discrimination entre S_R et variations-K	56
4.	Remarque sur les tracés du S_R	65
4.	DESCRIPTION GLOBALE DE LA VARIATION S_R	
1.	Le système C_M	66
1.	Modèles R, T et F	67
2.	Invasion et distorsion	69
3.	Zone de latitudes où apparaissent les formes décrites en 4. 1. 1 et 4. 1. 2	73
4.	Effets secondaires du système C_M (effet "méridien magnétique, variation d'intensité, en latitude et en forme du système C_M)	74
5.	Effets particuliers du système C_M aux latitudes supérieures à celle du foyer (extension en longitude)	77
6.	Effets particuliers du système C_M aux latitudes inférieures à celle du foyer (variabilité du S_R de D)	79
2.	Le système C_P	81
1.	Description générale du système C_P	81
2.	Effets du système C_P aux latitudes subaurorales et aurorales	85
3.	Effets du système C_P à l'intérieur de la zone aurorale	89
3.	Critères d'une identification du S_R	90
4.	Conclusion	91
5.	CARACTERES PARTICULIERS DE LA VARIATION S_R EN DIVERSES REGIONS DE LA TERRE	92
1.	L'intérieur de la zone aurorale	92
2.	La zone aurorale	94
3.	L'extérieur de la zone aurorale	94
1.	Longitudes 0° - 30° E de l'hémisphère Nord	95
2.	Longitudes 240° - 300° E de l'hémisphère Nord	96
3.	Longitudes 180° - 210° E de l'hémisphère Nord	97
4.	Longitudes 140° E de l'hémisphère Nord	97
5.	Longitudes 60° E de l'hémisphère Nord	98
6.	Longitudes australiennes	99
7.	Longitudes 70° E de l'hémisphère Sud	99
8.	Longitudes africaines de l'hémisphère Sud	100
9.	Longitudes américaines de l'hémisphère Sud	100
4.	L'électrojet équatorial	101
1.	Le minimum matinal	101
2.	La variation L	102

3.	RULES FOR A DISCRIMINATION BETWEEN THE S_R VARIATION AND K-VARIATIONS	48
1.	Properties of SD-events	50
2.	Description of smooth K-variations	54
1.	Auroral latitudes	54
2.	Middle latitudes	54
3.	Low latitudes	55
3.	Practical rules for a discrimination between S_R and K-variations	56
4.	Remark on drawings of S_R	65
4.	GLOBAL DESCRIPTION OF THE S_R VARIATION	
1.	The C_M system	66
1.	Models R, T and F	67
2.	Invasion and distortion	69
3.	Latitude zone where the shapes described in 4. 1. 1 and 4. 1. 2 appear	73
4.	Secondary effects of the C_M system ("magnetic meridian" effect, variation in intensity, in latitude, in shape of the C_M system)	74
5.	Particular effects of the C_M system at latitudes higher than that of the focus	77
6.	Particular effects of the C_M system at latitudes lower than that of the focus	79
2.	The C_P system	81
1.	General description of the C_P system	81
2.	Effects of the C_P system at subauroral and auroral latitudes	85
3.	Effects of the C_P system in the interior of the auroral zones	89
3.	Criteria for the identification of S_R	90
4.	Conclusion	91
5.	PARTICULAR FEATURES OF THE S_R VARIATION IN VARIOUS REGIONS OF THE EARTH	92
1.	The interior of the auroral zone	92
2.	The auroral zone	94
3.	The exterior of the auroral zone	94
1.	Northern longitudes $0^\circ - 30^\circ E$	95
2.	Northern longitudes $240^\circ - 300^\circ E$	96
3.	Northern longitudes $180^\circ - 210^\circ E$	97
4.	Northern longitudes $140^\circ E$	97
5.	Northern longitudes $60^\circ E$	98
6.	Australian longitudes	99
7.	Southern longitudes $70^\circ E$	99
8.	Southern African longitudes	100
9.	Southern American longitudes	100
4.	The equatorial electrojet	101
1.	The morning minimum	101
2.	The L variation	102

IV.

6.	EFFET DE POST-PERTURBATION ET NIVEAU-ZERO	
1.	L'effet de post-perturbation	103
2.	Le niveau-zéro	105
1.	Détermination du niveau-zéro	105
2.	Interprétation des niveaux nocturnes constants de H	106
	CONCLUSION : ELIMINATION DES VARIATIONS-NON-K ET PRECISION DES MESURES	108
	Table Analytique	110
	Références	112

6. POST-PERTURBATION EFFECT AND ZERO-LEVEL	
1. The post-perturbation effect	103
2. The zero-level	105
1. Determination of the zero-level	105
2. Interpretation of the nocturnal constant level in H	106
CONCLUSION: ELIMINATION OF NON-K-VARIATIONS AND PRECISION OF THE MEASUREMENTS	108
Analytical Table	110
References	112

INTRODUCTION

La description de la méthode de mesure des indices K avait été faite par le Prof. J. Bartels dans l'article fondamental du Journal of Terrestrial Magnetism "The three-hour-range index measuring geomagnetic activity"(1); une nouvelle description, beaucoup plus concise, était donnée à l'occasion de l'A. G. I., sous le titre: "Directions for measuring K-indices" (2).

A cette dernière époque, la participation des observatoires à ce type de mesures était devenue quasi-générale, et son utilisation dans les recherches sur la haute atmosphère presque constante, tant par les géomagnéticiens que par les chercheurs des disciplines connexes. A ce point de vue, la résolution adoptée par l'Assemblée de Washington (3, p. 550), en réponse "à la requête de l'U. R. S. I. et d'autres organismes pour une information concernant l'activité magnétique qui soit plus détaillée que le caractère magnétique journalier", avait pleinement rempli son but.

Cependant certaines analyses des indices existants conduisaient à mettre en doute la valeur des mesures, spécialement pour les périodes calmes; aussi en 1960, le Prof. Bartels, Président du Comité 9 de Caractérisation de l'Activité Magnétique, prenait l'initiative d'envoyer une circulaire aux observatoires (4, p. 270). Le but était de réunir des enregistrements correspondant à des périodes calmes et de vérifier si les différences apparaissant entre observatoires correspondaient à la permanence, en certaines régions, d'une faible activité ou devaient être imputées à la méthode de mesures. L'étude de ces documents me fut confiée, et un rapport fut présenté à l'Assemblée d'Helsinki (5). Il apparaissait clairement qu'une faible activité subsistait effectivement en certaines régions (électrojet équatorial, intérieur des zones aurorales); mais, d'autre part, il semblait très net que les méthodes utilisées par les divers observatoires, dans la mesure de l'indice K, n'étaient pas homogènes.

Le Comité 9 décida alors de préparer la publication d'un Atlas des Indices K pour uniformiser ces méthodes.

Dans le but de fonder la rédaction de l'Atlas sur l'expérience de tous les observateurs, une circulaire leur fut envoyée en Mars 1961; elle demandait 1° l'établissement d'un bref rapport concernant la manière dont était conçue la mesure de l'indice K, et les difficultés rencontrées, spécialement dans l'élimination de la variation journalière, 2° le choix de quelques enregistrements typiques.

Les rapports reçus d'une cinquantaine d'observatoires manifestaient que des interprétations diverses avaient été faites de la description de la technique de mesures établie par le Prof. Bartels; de plus, la signification des indices faisait l'objet de maintes questions (ou objections). Cependant, le problème essentiel soulevé était celui de l'identification de la variation journalière: sur quelle base objective peut-on la faire reposer, demandaient la plupart des observateurs ? Et maints exemples envoyés par eux faisaient effectivement difficulté.

En fonction de cette enquête préalable, l'Atlas devait donc être constitué de deux parties:

- dans l'une, exposer de manière générale la signification de l'indice K et décrire, avec tous les détails nécessaires, la technique de la mesure,

INTRODUCTION

A description of the method for measuring K-indices was given by Prof. J. Bartels in a basic paper of the Journal of Terrestrial Magnetism: "The three-hour range index measuring geomagnetic activity"(1); a new and much more concise description was given on the occasion of the I. G. Y. , under the title "Directions for measuring K-indices (2).

By this time, most of the observatories were engaged in this type of measurement, which was frequently employed in high atmosphere research by both geomagneticians and workers in allied fields. In this connection, the resolution adopted by the Washington Assembly (3), in answer to "the request made by the I. U. S. R. and other bodies for information concerning the magnetic activity more detailed than the daily magnetic character figures", had entirely achieved its aim.

However some analyses of the published indices had cast doubt on the reliability of the measurements, especially those concerning the quiet periods; consequently in 1960, Prof. Bartels, Chairman of Committee 9 on Characterisation of Magnetic Activity, took the initiative of sending a circular about this problem to the observatories (4, p.270). The purpose was to collect a number of records corresponding to quiet periods and to check whether the differing results of various observatories were related to the persistence in certain regions of a weak activity, or if they could be attributed to the methods of measurement. I was requested to examine these data, and my conclusions were stated in a report given to the Helsinki Assembly (5). It was established that a weak activity effectively existed in certain regions (equatorial electrojet, interior of the auroral zones); but, on the other hand, it seemed only too clear that the methods used by several observatories, for measuring K-indices, were not the same.

Committee 9 decided therefore to prepare the publication of an Atlas of K-indices to standardize these methods.

In order to ensure that experience of all observers should be taken into account in composing the Atlas, a circular was sent to them in March 1961. It requested 1° a brief report concerning their concept of K-index measurement and the difficulties encountered, especially in the elimination of the daily variation, 2° a sample of a few typical records.

The reports received from some fifty observatories showed that different interpretations had been made of Prof. Bartels descriptions of the measuring technique; moreover, many of them questioned (or objected to) the significance of the indices. However, the main problem which came up was the identification of the daily variation; namely, on what objective basis should it rest. And, in fact, quite a few of the records sent by the observers were difficult to interpret.

As a consequence of this preliminary inquiry, it was evident that the Atlas should consist of two parts:

- the first part should give a broad outline of the meaning of K-index, and a detailed description of the measuring technique,

- dans l'autre, définir, si possible, une base objective pour l'identification de la variation journalière, mais décrire également les autres variations-non-K.

La première partie de l'Atlas ne posait pas de difficultés spéciales. La rédaction a été conçue afin d'être une réponse aux questions ou objections posées et en vue d'éviter les erreurs d'interprétation commises dans le passé; elle a été soumise aux membres du Groupe de Travail des Indices Magnétiques (Commission IV du I. A. G. A.) et modifiée selon les critiques formulées.

La seconde partie supposait au préalable une étude systématique et générale de la variabilité jour-à-jour de la variation journalière. Celle-ci a été entreprise par l'auteur dans le cadre du Service International des Indices Géomagnétiques, et les résultats obtenus sont exposés. Description d'un phénomène complexe, ils ne peuvent être tenus pour définitifs, mais doivent être considérés par les observateurs comme un point de départ pour une meilleure connaissance de leurs enregistrements relativement à l'identification de la variation journalière. Le groupe de travail des "Indices Magnétiques" cherchera dans l'avenir à assurer la collaboration nécessaire entre observatoires pour cette meilleure connaissance.

Récemment, le Prof. J. Bartels demandait (6): "Devons-nous viser à améliorer les indices K par l'introduction de directives plus rigoureuses ? Une raisonnable exigence à propos de l'attention de l'observateur se justifie, mais je serais opposé à surcharger les observateurs en leur demandant une perfection qui, en aucun cas, n'accrotrait beaucoup la valeur intrinsèque de l'indice K résultant".

Au point de vue de la technique des mesures, le but de l'Atlas ne serait donc pas atteint s'il était interprété comme présentant de telles directives "plus rigoureuses"; il le sera, par contre, si d'une part les erreurs d'interprétation des directives anciennes sont désormais évitées, et si d'autre part il permet de comprendre l'esprit dans lequel les mesures doivent être faites.

En effet, si la variation journalière de chaque jour n'avait pas à être identifiée et éliminée, la mesure de l'indice K serait la mesure la plus simple qui soit; son existence rend certainement la mesure difficile sinon impossible, pour quiconque n'a pas une connaissance objective de la variabilité jour à jour de la variation journalière. Mais pour l'observateur ayant cette connaissance, il devient aisé de comprendre que la précision avec laquelle l'identification de la variation journalière a besoin d'être faite (la précision des indices K est uniquement en dépendance de cette dernière) varie en sens inverse de l'intensité de l'activité.

Ce fait est l'élément essentiel qui doit guider les mesures et que je chercherai à faire apparaître dans la seconde partie; autrement dit, il ne s'agit en aucune manière d'introduire une plus grande rigueur dans les mesures, mais au contraire une souplesse très grande basée sur l'appréciation intelligente de l'importance relative qu'il faut attacher à l'identification et à l'élimination de la variation journalière.

Au point de vue valeur intrinsèque de l'indice K qui en résultera, l'amélioration visée par l'Atlas devrait se faire sentir sur les indices faibles: ce résultat n'est pas négligeable, car, pour la connaissance de la physique des effets de la radiation corpusculaire, la détermination de l'absence d'activité n'est pas moins importante que celle de sa présence.

- the second part should define, if possible, an objective basis for the identification of the daily variation, and also describe the other non-K-variations.

The first part of the Atlas did not present any particular difficulty. Its composition was conceived as an answer to the questions (or objections) raised, and sought to avoid past misinterpretations; it was submitted to the Working-Group on Magnetic Indices (Commission IV of the I. A. G. A.) and modified in accordance with their recommendations.

For the second part, a prerequisite was a systematic and general study of the day-to-day variability of the daily variation. This study was undertaken by the author on behalf of the International Service of Geomagnetic Indices, and the results obtained are set out therein. Insofar as they are a description of a complex phenomenon, these results cannot be taken as definitive, but must be considered by observers as a starting point for a better understanding of the identification of the daily variation in their records. In the future, the Working-Group on Magnetic Indices will try to bring about the necessary collaboration between observatories for the improvement of this better understanding.

Recently, Prof. J. Bartels asked this question (6): "Should we aim at improving K-indices by the introduction of more stringent directions? A reasonable demand on the attention of the observer seems to be justified, but I should be opposed to overloading the observer by expecting from him a perfection which, in any case, would not much increase the intrinsic value of the produced K-index".

Concerning the measuring technique, the Atlas would not achieve its purpose if it were construed as putting forward these "more stringent" directions; but, if, on the one hand, the misinterpretations of the past directions are avoided and, on the other hand, the Atlas enables the observers to understand the spirit in which the measurements are to be made, it will definitely achieve its purpose.

Indeed, the measurement of K-indices would be extremely simple if the daily variation of each day did not have to be identified and eliminated. It is the existence of this daily variation which makes the measurement of the K-index difficult (if not impossible), for anyone not having an objective knowledge of the day-to-day variability of the daily variation. On the contrary, for an observer having this knowledge, it is easy to understand that the precision with which the identification of the daily variation needs to be made (a precision upon which, in turn, the precision itself of K-indices exclusively depends) varies inversely as the intensity of activity.

This fact should be crucial in guiding the observers in their measurements, and I shall try to throw it into relief in the second part; in other words, the question is not to introduce a greater degree of strictness in the measurements but, on the contrary, a very great flexibility based on an intelligent estimation of the relative importance which must be given to the identification and the elimination of the daily variation.

As for the intrinsic value of the K-index, the improvement intended by the Atlas should be especially effective for small indices; this improvement is by no means negligible since, for the understanding of the physics of geomagnetic disturbances, the determination of the absence of activity is no less important than that of its presence.

PREMIERE PARTIE

L'INDICE K

Le but de l'indice K est de mesurer, pour chaque intervalle de trois heures T. U., les effets⁽¹⁾ du rayonnement corpusculaire (P) du soleil sur le champ magnétique terrestre, après élimination des effets du rayonnement ondulatoire (W) et de la post-perturbation.

Dans cette Première Partie, nous supposerons résolu, pour la commodité de l'exposé, le difficile problème de l'identification des effets dus au rayonnement W; il fera l'objet principal de la Seconde Partie. Un premier chapitre décrira, à partir d'exemples concrets, ce qui constitue la base expérimentale de la mesure de l'indice K, à savoir une amplitude en gammas a. Un second chapitre définira l'indice K proprement dit, et un troisième chapitre exposera la technique elle-même de la mesure. Ces trois premiers chapitres sont conçus pour un observateur auquel sont confiées les mesures de l'indice K, mais qui, éventuellement, ne serait pas intéressé par sa signification.

Celle-ci fera l'objet d'un quatrième chapitre. Nous avons cherché à répondre aux multiples questions (ou objections) qui nous avaient été posées, et ceci nous a conduit à un développement qui pourra paraître trop long à certains égards. Cependant, l'observateur qui désirerait obtenir seulement une idée générale de la signification de l'indice K, sans vouloir entrer dans les détails techniques qui la justifient, pourrait se contenter de la lecture des paragraphes 1 et 6 de ce chapitre.

CHAPITRE 1

BASE EXPERIMENTALE DE LA MESURE: AMPLITUDE a.

La figure 1 donne la reproduction d'un enregistrement des composantes horizontales (H et D) pendant quelques heures. L'intervalle choisi est tel qu'aucun effet-W n'est présent, non plus qu'aucune autre variation-non-K.

Pendant un intervalle de 3 heures, des variations du champ, dues à l'effet-P, apparaissent sur chaque composante. Elles présentent un maximum et un minimum absolus, qui, sur l'une et l'autre composantes, se produisent à des instants différents. Appelant respectivement a_H et a_D , l'amplitude totale en gammas entre maximum et minimum sur chaque composante⁽²⁾, la base expérimentale de la mesure de l'indice K est définie par l'amplitude a égale à la plus grande de ces deux amplitudes a_H ou a_D . Cette définition est conforme à la résolution 4 adoptée par le A. I. G. A. à l'assemblée de Berkeley et selon laquelle il n'est plus tenu compte de la composante Z, à partir du 1/1/64, dans la mesure de l'indice K.

- (1) Bien entendu, il s'agit des effets qui apparaissent sur les enregistrements ayant une sensibilité de quelques gammas par mm et une vitesse de déroulement de 1 à 2 cm par heure, non de ceux qui apparaissent sur des enregistrements de très grande sensibilité (1/10 de gammas par exemple) et de grande vitesse de déroulement. A ce point de vue, l'indice K n'est pas une mesure de tous les effets de la radiation P.
- (2) Assurément la mesure des amplitudes a_H ou a_D est celle de la distance verticale entre les centres de la trace photographique, au moment du maximum ou du minimum, quelle que soit la largeur, due à des conditions optiques, de cette trace.

FIRST PART

THE INDEX K.

The purpose of the index K is to measure, for each three-hour interval of the Greenwich day, the effects⁽¹⁾ of the solar corpuscular radiation (P) on the terrestrial magnetic field, as distinct from the effects of the wave radiation (W) and postperturbation.

In this First Part, we shall assume, for the convenience of exposition, that the difficult problem of the identification of effects due to the W-radiation is solved; this is the main subject of the Second Part. The first chapter describes, giving concrete examples, what constitutes the experimental basis of K-index measurement, namely an amplitude in gammas a . The second chapter defines the K-index itself, and the third chapter expounds the measuring techniques. These three chapters are planned for an observer to whom the measurements of K-index are committed, but who might not be interested in its meaning.

The meaning is the subject of the fourth chapter. We have tried to reply to the many questions (or objections) put to us; this has led to a development which may seem too lengthy in some respects. However an observer who wishes to obtain only a general idea of the meaning of K-index, without going into all the technical details which justify it, could limit himself to paragraphs 1 and 6 of this chapter.

CHAPTER 1

EXPERIMENTAL BASIS OF THE MEASUREMENT: THE AMPLITUDE a .

Figure 1 reproduces a record, for the horizontal components (H and D), over a period of a few hours. The chosen interval is such that no W-effect is present, nor any other non-K-variation.

During a three-hour interval, some field variations due to the P-effect appear in each component. They show an absolute maximum and an absolute minimum, which, in both components, occur at different times. We call a_H and a_D respectively the total amplitude in gammas between maximum and minimum in each component⁽²⁾: the experimental basis of the K-index measurement is defined as the amplitude a equal to the greater of these two amplitudes a_H or a_D . This definition is consistent with the resolution 4 adopted by the I. A. G. A. at the Berkeley Assembly, according to which, starting from 1/1/1964, the Z-component is no longer used in the K-index measurement.

-
- (1) This concerns the effects appearing on records which have a sensitivity of a few gammas/mm (sometimes, some tens of gammas in polar regions) and a drum-speed of one to two cms per hour, and not those appearing on very highly sensitive records (1/10 gamma, for instance) and of great drum-speed. In this respect, the K-index is not a measure of all the effects of the radiation P.
- (2) Of course, the measurement of the amplitude a_H and a_D is that of the vertical distance between the centre-points of the photographic trace, at the instant of the maximum or the minimum, no matter how wide the trace may be, due to optical conditions.

La figure 2 est l'analogue de la précédente, mais un effet-W est superposé à l'effet-P; le premier, tel qu'il peut être identifié, est représenté par un trait en tirets.

L'indice K devant être une mesure de l'effet-P seul, il faut éliminer la variation due à l'effet-W. Graphiquement, ceci revient à mesurer la distance verticale entre deux courbes parallèles à celle représentant l'effet-W et encadrant les variations dues à l'effet-P. Des amplitudes a_H ou a_D ainsi définies, la plus grande est la base expérimentale de l'indice K. Il est clair que l'élimination de toute variation-non-K, autre que l'effet-W, peut être faite d'une manière analogue⁽¹⁾.

L'amplitude a est donc la "différence" entre maximum et minimum absolus des variations-P "à l'intérieur" d'un intervalle tri-horaire (compté en Temps Universel), après élimination des variations-non-K; ceci implique que la mesure ne comporte aucun niveau de référence. C'est pourquoi J. Bartels note en (2, § 1.7): "d'après la définition de K, il est clair que les deux courbes représentant la variation-non-K ne seront pas, en général, continues à travers les limites des intervalles tri-horaires; il y aura des déplacements verticaux considérables de celles-ci d'un intervalle à l'autre". Ceci doit être illustré.

La figure 3 donne la reproduction d'un enregistrement de H pour une succession de 3 intervalles tri-horaires pendant lesquels la variation-W, telle qu'elle peut être identifiée, est représentée par un trait en tirets au long des 3 intervalles. Dans chacun d'eux, des segments de courbe parallèles à cette variation-W et enveloppant les variations-P "à l'intérieur" de chaque intervalle sont dessinés conformément à la définition précédente, d'où les amplitudes a indiquées. Mais, de plus, un fait semble paradoxal: dans le deuxième intervalle, il pourrait sembler que l'intensité des variations-P serait mieux représentée par une mesure telle que la quantité a' (laquelle implique un niveau de référence: celui supposé pour la variation-W dans l'intervalle considéré).

La figure 4 montrera cependant que ceci serait pratiquement impossible à réaliser la plupart du temps, et sera une justification pratique⁽²⁾ de la définition choisie. Elle donne la reproduction d'un enregistrement de H pour une succession de 12 intervalles tri-horaires. Un orage débute vers 9h, le premier jour, et le niveau du champ, la nuit suivante, apparaît fortement abaissé par rapport à celui de la nuit précédente. La variation-W, telle qu'elle peut être identifiée pendant les heures de jour, est représentée par le trait en tirets⁽³⁾; celle du 2e jour est également représentée, le niveau de référence choisi pour le début de la variation-W étant complètement différent. Il apparaît clairement que l'un et l'autre sont arbitraires en tant que niveau-zéro de référence pour la mesure de quantités a' analogues à celle représentée dans la figure 3. Par contre les amplitudes a, représentées pour quelques intervalles et conformes à la définition donnée, sont déterminées sans aucune ambiguïté.

(1) Mentionnons ici, pour mémoire, le cas d'un effet de température important.

(2) Nous chercherons à expliciter dans le chapitre 4, au point de vue du phénomène lui-même, la signification de ce choix.

(3) Nous reviendrons en détail dans la Deuxième Partie sur la signification et l'utilité pratique d'une telle identification entre 9 et 18h.

Figure 2 is similar to Figure 1, but a W-effect, shown by a dashed line, is superposed on the P-effect.

Since the K-index must be a measure of the P-effect only, the variation due to the W-effect must be eliminated. Graphically, this corresponds to the measurement of the vertical distance between two curves parallel to the W-effect curve and enclosing the variations due to the P-effect. The greater of the amplitudes a_H and a_D so defined is the experimental basis of the K-index. Clearly any non-K-variation, other than the W-effect, can be eliminated in a similar manner⁽¹⁾.

The amplitude a is therefore the "difference" between absolute maximum and minimum of the P-variations "inside" a three-hour interval (reckoned in Universal Time), after the elimination of the non-K-variations; it implies that the measurement does not call for a reference level. Hence, J. Bartels says in (2, § 1.7): "from the definition of K, it is clear that the two curves representing the non-K-variation will, in general, not be continuous across the limits of the three-hour intervals; there will be quite considerable shifts from one interval to the next". This fact must be illustrated.

Figure 3 reproduces a H-record for a succession of 3 three-hour intervals, during which the W-variation, as identified, is shown by a dashed line running through the 3 intervals. In each of them, curve segments parallel to this W-variation and enclosing the P-variations "inside" each interval are drawn, according to the preceding definition; hence, the indicated amplitudes a . The discontinuities mentioned by J. Bartels clearly appear. But furthermore, a paradoxical fact emerges: in the second interval, it would seem that the intensity of P-variations would be better represented by a measurement such as the quantity a' (which supposes a reference-level: namely, that which is assumed for the W-variation in this interval).

However, figure 4 shows that it would be practically impossible to do this in most cases, and in practice⁽²⁾ justifies the definition chosen. It reproduces a H-record for a succession of 12 three-hour intervals. A storm begins about 9h, on the first day; and the field level, the following night, is strongly depressed relative to the preceding night level. The day-time W-variation (as identified) on the first day, is shown by a dashed line⁽³⁾; that of the second day is also shown, but the reference level chosen for the beginning of W-variation is entirely different. It seems clear that both are arbitrary, as reference levels, for the measurement of quantities a' similar to the one represented on figure 3. On the contrary, the amplitudes a , indicated for a few intervals, and consistent with the preceding definition, are determined without ambiguity.

(1) For instance, in the case of a large temperature effect.

(2) We shall try to make clear in chapter 4, with regard to the phenomenon itself, the significance of this choice.

(3) The meaning and the practical usefulness of such an identification between 9h and 18h will be discussed again in the Second Part.

CHAPITRE 2

DEFINITION DE L'INDICE K

L'amplitude a en gammas, ci-dessus définie pour chaque intervalle tri-horaire, n'est que la base expérimentale de la mesure de l'indice K . Celui-ci est obtenu par la détermination de la "classe" d'amplitudes comprises entre une limite inférieure et une limite supérieure, à laquelle appartient l'amplitude a . Les "classes" d'amplitudes sont elles-mêmes définies selon une "échelle" appropriée; elles sont numérotées de 0 à 9, et chaque $K = 0$ à 9 correspond à l'une d'elles.

Au strict point de vue de la technique des mesures, ceci est très important. En effet, la Deuxième Partie de l'Atlas montrera les difficultés de l'identification de l'effet-W et les incertitudes qui subsistent. Or le fait que l'indice K n'est pas finalement une mesure exacte, en gammas, de l'amplitude a précédemment définie, mais seulement la détermination d'une "classe" d'amplitudes, permet le plus souvent de rendre négligeables les incertitudes relatives à l'identification de l'effet-W.

Le choix de l'échelle est adapté à l'intensité des variations-P en chaque observatoire de telle sorte que, en chacun d'eux, les amplitudes soient réparties de manière raisonnable et à peu près homogène entre les différentes classes (cf. Chapitre 4, 5). Les limites inférieures et supérieures de chaque classe sont données dans le tableau I pour l'une de ces "échelles".

TABLEAU I

K	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$a(\gamma)$	0-5	5-10	10-20	20-40	40-70	70-120	120-200	200-330	330-500	> 500

Valeurs des limites successive pour une "échelle"
d'indices K

Les autres échelles sont homothétiques, et peuvent donc être caractérisées par la limite inférieure pour $K = 9$, soit, par exemple, 300, 350, 500, 600, 750, 1000, 1200, 1500, 1800, 2000, et 2500 γ .

Conformément à la résolution n° 4 adoptée par le A. I. G. A à l'Assemblée de Berkeley, le choix de la limite inférieure pour $K = 9$ doit être fait pour un nouvel observatoire après consultation du groupe de travail des Indices Magnétiques de la Commission IV.

CHAPITRE 3

TECHNIQUE DES MESURES

3.1. - DESCRIPTION DES GRILLES.

Détermination d'une "classe" d'amplitudes, la mesure de l'indice K pourra se faire à l'aide d'une grille conforme à l'une des échelles précédentes. Il peut sembler superflu de décrire une grille-type. L'expérience montre cependant que l'un des types de grilles actuellement utilisés par les observateurs présente des avantages réels.

CHAPTER 2.

DEFINITION OF THE K-INDEX

The amplitude a in gammas, above-defined for each three-hour interval, is only the experimental basis of the K-index measure. The index itself is obtained by the determination of the "class" of amplitudes included between a lower limit and an upper limit, to which the amplitude belongs. The "classes" of amplitudes are themselves defined according to a suitable "scale"; they are numbered from 0 to 9, and each K from 0 to 9 corresponds to one of them.

As for the measuring technique itself, this point is very important. Indeed the Second Part of the Atlas shows the difficulties of the W-effect identification and the uncertainties which remain. Now, the fact that the K-index is not ultimately an exact measure, in gammas, of the amplitude a above-defined, but only the determination of a "class" of amplitudes, enables us in most cases to reduce to a negligible level the uncertainties relative to the W-effect identification.

The choice of the scale is adapted to the P-variations intensity at each observatory, so that the amplitudes are distributed in a reasonable and nearly homogeneous manner between the different classes (cf. Chapter 4.5). The upper and lower limits of each class are given in Table I for one of these "scales".

TABLE I

Values of successive limits for a "scale
of indices K

K	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$a(\gamma)$	0-5	5-10	10-20	20-40	40-70	70-120	120-200	200-330	330-500	> 500

The other scales are proportionate, and can therefore be described by the lower limit for $K = 9$, namely 300, 350, 500, 550, 600, 750, 1000, 1250, 1500, 1800, 2000 and 2500 γ .

In accordance with the resolution adopted by the I. A. G. A. at the Berkeley Assembly, the choice of the lower limit for $K = 9$ must be made at a new observatory after consultation with the Working-Group on Magnetic Indices of the Commission IV.

CHAPTER 3

MEASURING TECHNIQUE

3.1. - DESCRIPTION OF THE GAUGES.

Since the measurement of K is only the determination of a "class" of amplitudes, it can be made with a gauge consistent with one of the preceding scales. It may seem unnecessary to describe a gauge. However, experience shows that one of the gauge types now used by observers offers some advantages.

La figure 5 en donne la reproduction. Sur un support transparent d'environ 9 x 16 cm sont dessinés des traits horizontaux dont l'espacement correspond, en fonction de la sensibilité en gammas de l'une des composantes H ou D, à l'échelle choisie pour l'observatoire⁽¹⁾. Le premier de ces traits (celui du haut) sert de ligne-zéro. Les amplitudes a étant mesurées à partir de ce trait, les espacements successifs entre chaque trait correspondent aux différentes "classes" d'amplitudes a , soit encore aux indices K. De là, les nombres indiqués sur la droite, au milieu de chacun de ces intervalles⁽²⁾.

Il est commode de donner aux traits horizontaux, comme longueur moyenne, celle d'un intervalle tri-horaire des enregistrements. La mesure en est facilitée lorsqu'aucune variation-non-K n'existe: la grille est placée sur l'enregistrement avec les traits horizontaux parallèles à la ligne de base et recouvrant la longueur de l'intervalle tri-horaire; sa ligne-zéro est ajustée sur le centre de la trace photographique à l'endroit du maximum absolu dans l'intervalle tri-horaire considéré; les deux traits entre lesquels est situé le minimum absolu permettent de lire immédiatement la valeur de l'indice K pour la composante mesurée. Des traits horizontaux d'une longueur inférieure nécessiteraient souvent un déplacement de la grille, et ralentiraient les mesures; des traits d'une longueur supérieure ne permettraient pas d'identifier aussi rapidement la longueur de l'intervalle tri-horaire que l'on doit mesurer.

Il est préférable de ne pas dessiner sur la grille des traits verticaux. En effet, lorsque des variations-non-K sont présentes, seul le bord gauche des traits de la grille devra être utilisé (la grille devient alors l'équivalent d'une règle graduée) et, lorsqu'on se trouve à la frontière de 2 indices, l'existence d'un tel trait vertical rendrait la lecture plus difficile. Pour la même raison, le premier trait, servant de ligne-zéro, ne doit pas être plus long que les autres (tout au moins du côté gauche).

Il vaut mieux ne pas dessiner les deux grilles relatives à chaque composante H et D sur le même support transparent; la manipulation d'un support de dimensions réduites est en effet plus aisée.

Un support transparent flexible, d'une épaisseur de 20/100 mm par exemple⁽³⁾, est beaucoup plus pratique qu'un support transparent rigide; en effet, lorsque les mesures peuvent être faites très rapidement (par exemple, lorsque par temps d'agitation les variations-non-K sont négligeables, ou lorsqu'on a dessiné sur l'enregistrement les variations-non-K pour un jour entier), on peut déplacer et ajuster aisément le support en soulevant son bord inférieur. C'est encore pour cette raison qu'il est plus pratique de disposer la ligne-zéro en haut de la grille plutôt qu'en bas (voir fig. 5); les traits horizontaux correspondant aux $K = 0$ à 5, indices qui sont le plus fréquemment mesurés, sont alors plus facilement accessibles que s'ils étaient placés dans la partie inférieure du support.

-
- (1) Une telle grille serait valable pour une échelle dont la limite inférieure pour $K = 9$ serait de 500γ et pour un enregistrement de sensibilité de $3,45 \gamma/\text{mm}$ (ou encore échelle à limite inférieure de 300γ , et sensibilité de $2,07 \gamma/\text{mm}$).
 - (2) Placer ces nombres au milieu de chaque espacement entre deux traits successifs évite un risque d'erreur dans la lecture.
 - (3) De tels supports existent dans le commerce avec émulsion photographique (Astralon Kodak, par exemple). On dessine d'abord la grille sur un calque, puis on la reproduit photographiquement ou par lithogravure sur de tels supports. On peut ensuite protéger cette reproduction par un support transparent très fin (Mipofilm, par exemple).

Figure 5 reproduces such a gauge. On a transparent base about 9 x 16 cm, parallel lines are drawn whose spacing corresponds, according to the sensitivity in gammas of the components H or D, to the "scale" chosen for the observatory⁽¹⁾. The upper line is taken as a zero-line; when the amplitudes a are measured from this line, the successive spacings between each line correspond to the different classes of amplitudes a , namely to the K-indices as indicated by the numerals on the right (in the middle)⁽²⁾ of each spacing).

It is practical to choose, as the length of the parallel lines, that of a three-hour interval of the records. Indeed this makes the measurement easier when there is no non-K-variation: the gauge is set on the record with its lines parallel to the base-line so as to cover the length of the three-hour interval; its zero-line is adjusted to the centre of the photographic trace at the point of the absolute maximum in the given three-hour interval; the two lines between which the absolute minimum is located lead to an immediate reading of the K-index value for the component being measured. Shorter parallel lines would require, in many cases, shifting the gauge, and would slow down the measurements; longer parallel lines would not permit so rapid an identification of the length of the three-hour interval to be measured.

It is better not to draw vertical lines joining the ends of the parallel lines on the gauge. Indeed in most cases, when non-K-variations are present, the left side only of the gauge lines must be used (the gauge becomes then the equivalent of a graduated rule); and, at the border between two indices, the presence of such a vertical line would make the reading more difficult. For the same reason, the first line used as a zero-line must not be longer than the others (at least on the left side).

It is preferable not to draw two gauges, one for each of the components H and D, on the same transparent base, because the handling of a small-sized gauge is much easier.

A flexible transparent base, 0.20 mm thick for instance⁽³⁾, is much more practical than a rigid transparent base; indeed, when the measurements can be made very quickly (for instance, when in a disturbed period the non-K-variations are negligible, or when the non-K-variation for the whole day is drawn on the record), the base can be moved and adjusted easily by lifting its lower edge. For the same reason, it is more practical to set the zero-line at the top of the gauge rather than at the bottom (cf. fig. 5): the spacings corresponding to $K = 0$ to 5, which are the most often measured, are then accessible more easily than if they had been placed at the bottom of the base.

-
- (1) Such a gauge would be valid for a scale whose lower limit for $K = 9$ is 500γ , and for a sensitivity record of $3.45 \gamma/\text{mm}$ (or else a scale lower limit of 300γ , and for a sensitivity record of $2.07 \gamma/\text{mm}$).
 - (2) Setting these numerals in the middle of each spacing between two successive lines avoids a risk of error on the reading.
 - (3) Base strips are obtainable on the market with a photographic emulsion (Astralon Kodak, for instance). The gauge is first drawn on tracing-paper; it is then reproduced on this base strip photographically (or by lithography). The reproduction can be protected afterwards by a very thin transparent film (Mipofilm, for instance).

Si la position des traits correspondant aux limites inférieures pour $K = 8$ et 9 est telle qu'elle oblige à utiliser un support nettement plus long que 16 cm, on a avantage à disposer une grille spéciale (et plus rudimentaire) pour ces valeurs, relativement rares; il serait incommode de s'embarasser d'un support trop long pour les autres mesures. Ainsi, sur la grille de la figure 5, le dernier trait horizontal n'est pas dessiné: il serait à l'extérieur des limites du support.

Une variation faible de la sensibilité (parfois fréquente pour la composante H) ne doit pas conduire à dessiner une nouvelle grille. Il est d'ailleurs un procédé simple, reproduit sur la figure 5, qui permet de tenir compte aisément de telles variations. Deux petits traits horizontaux, situés en dessus de chacun des 4 traits horizontaux inférieurs, correspondent à une augmentation de la valeur d'échelle de $1,5\%$ (par exemple de $3,45 \text{ } \gamma / \text{mm}$ à $3,51 \text{ } \gamma / \text{mm}$). La différence n'apparaît que pour les indices supérieurs, et il est aisé alors d'en tenir compte. On dispose ainsi en quelque sorte sur la grille d'un vernier rudimentaire, adapté à de faibles variations de la sensibilité.

3.2. - UTILISATION DE LA GRILLE.

L'utilisation de la grille est aisée lorsque les variations-non-K sont absentes ou d'un ordre de grandeur négligeable. Elle a été décrite dans le paragraphe 3.1.

Rappelons brièvement, à partir de la figure 2, la principe de la mesure lorsque des variations-non-K existent: déterminer à quelle classe d'amplitudes appartient l'amplitude a représentée par la distance verticale entre les deux segments de courbe parallèles à la variation-non-K de l'intervalle considéré et enveloppant les variations-K de cet intervalle. Lorsque ces deux segments de courbe sont tracés sur l'enregistrement, la mesure est immédiate (voir fig. 6):

- placer la grille sur l'enregistrement avec ses traits horizontaux parallèles à la ligne de base,
- ajuster le bord gauche du premier trait, servant de ligne-zéro, en un point quelconque du segment de courbe supérieur AB,
- voir dans quel intervalle de la grille le segment CD traverse le même bord gauche,
- lire le numéro de cet intervalle sur le côté droit de la grille, soit $K = 3$ dans ce cas et pour cette composante.

Il apparaît ainsi que la plupart du temps la grille doit être utilisée avec son seul bord gauche, comme on le ferait avec une règle graduée. En fait, il ne peut être question de tracer dans chaque intervalle les segments de courbe AB et CD; vu la précision que requiert la mesure de l'indice K, ceci est absolument inutile. Deux méthodes pratiques sont possibles.

La première est décrite par J. Bartels en ces termes (2, § 1.7): "en mesurant K, la grille est toujours tenue verticale, et l'attention est centrée sur son bord gauche; elle est mue de gauche à droite à travers l'intervalle tri-horaire en suivant la courbure de la variation-non-K supposée et de sorte que la ligne-zéro touche juste la courbe de l'enregistrement à partir du dessus. On note dans quel intervalle de la grille la courbe se maintient". Cette méthode suppose un observateur très expérimenté, car deux variables doivent être suivies simultanément, dont la première (la variation-non-K) n'est pas représentée sur l'enregistrement mais seulement conçue mentalement:

When the position of the lines corresponding to the lower limits for $K = 8$ and 9 is such as to require a gauge much longer than 16 cm, it is advantageous to have a special (and more rudimentary) gauge for these relatively infrequent values; it would be troublesome to use a gauge too long for all the other measurements. Thus, on the gauge of figure 5, the last line is not drawn; it would fall outside the base.

A small variation of the sensitivity (frequent for the H component at some observatories should not require drawing a new gauge. There is a simple way of taking such variations into account. It is reproduced in figure 5: two small lines, located above each of the four lower lines, correspond to a 1.5% increase in the scale-value (for instance, from $3.45 \text{ } \gamma/\text{mm}$ to $3.51 \text{ } \gamma/\text{mm}$). The difference appears only in the case of the higher indices, and it is easy to allow for it. Thus a kind of rudimentary vernier is available on the gauge, adapted to small variations of sensitivity.

3.2. - USE OF THE GAUGE.

Using the gauge is easy when there are no non-K-variations, or when they are negligible. It has been described in 3.1.

Let us briefly recall (cf. fig. 2) the principle of the measurement when there are non-K-variations: it consists in determining to what class of amplitudes belongs the amplitude equal to the vertical distance between the two curve-segments parallel to the non-K-variation and enclosing the K-variations of the interval. When these two curve-segments are drawn on the record, the measurement can be made immediately (cf. figure 6):

- set the gauge on the record with its lines parallel to the base-line,
- adjust the left side of the first line, being used as a zero-line, at any point of the upper curve-segment AB,
- observe in what spacing of the gauge the lower segment CD crosses this same left side,
- read the numeral of this spacing on the right side of the gauge, namely $K = 3$ in this case and for this component.

Thus it appears that most of the time the gauge must be used with its left side only, as would be done with a graduated rule. In fact, it is quite out of the question to draw in each interval the curve segments AB and CD; considering the precision which is needed in measuring the K-index, this would be unnecessarily cumbersome. Two practical methods are possible.

The first one is described by J. Bartels as follows (2, § 1.7): "in scaling K, the gauge is always kept vertical and attention is centred on the left side of the scale. The gauge is moved from left to right across the three-hour interval following the sweep of the assumed non-K-variation and so that the zero-line just touches the magnetogram curve from above. It is noted into which range limit the curve is fitting". It presupposes a very experienced observer, because two variables must be simultaneously followed; one of them, the non-K-variation, is not represented on the record but is only estimated mentally; and, the "sweep" of the three-hour interval with the gauge, in relation to these

le "balayage" de l'intervalle tri-horaire avec la grille en fonction de ces deux paramètres est difficile.

En fait, souvent, étant donné la morphologie respective des variations-K et des variations-non-K, la valeur de l'indice K peut être estimée avec une précision suffisante par une élimination faite mentalement de la variation-non-K. La méthode reste difficile d'application lorsqu' aucune variation-K ne se détache nettement des autres dans l'intervalle tri-horaire, ou lorsque la valeur estimée est proche de la frontière entre deux indices successifs.

Dans ces derniers cas, la difficulté peut être aisément tournée en traçant au crayon sur l'enregistrement, pour l'intervalle considéré, la variation-non-K supposée. La figure 7 montre ceci: la variation-non-K étant tracée sur l'enregistrement, les points de la courbe où sont situés maximum et minimum absolus apparaissent à première vue, soit en E et en G. Ce sont ces points qui devraient servir de points d'appui pour le tracé des segments AB et CD de la figure 6, et la mesure de l'amplitude a est représentée par la somme $EF + HG$. Il suffit donc d'ajuster le bord gauche de la ligne-zéro de la grille sur le point E, de voir où est situé le point F sur le bord gauche, et d'ajouter mentalement la quantité HG. Lorsque la valeur obtenue est proche d'une ligne frontière entre 2 indices, il sera nécessaire de transporter le bord gauche de la grille sur la verticale HG, ajustant en H le point de la grille qui se trouvait en F lorsque la grille était ajustée sur le point E; ou encore, on peut marquer sur l'enregistrement un point G' situé à une distance de F égale à HG.

Personnellement, pour les mesures d'indices que nous avons faites avant le travail préparatoire à cet Atlas, nous utilisons cette première méthode. Lors des mesures d'indices K faites sur des échantillons de 3 années d'enregistrement en 12 observatoires en vue d'étudier systématiquement la variabilité de la variation journalière, nous avons, peu à peu, été conduit à pratiquer une seconde méthode qui présente des avantages réels.

Elle consiste à utiliser systématiquement le procédé graphique précédent chaque fois que les variations-non-K peuvent être identifiées, c'est-à-dire à dessiner sur l'enregistrement la variation-W telle qu'elle peut être identifiée. Ce tracé (voir fig. 4) est superposé à la courbe elle-même (et non dessiné parallèlement) partout où l'enregistrement a un aspect tel que l'on peut considérer qu'aucune variation-P n'existe. Lorsqu'un tel tracé est fait, la mesure du K devient extrêmement rapide et sûre selon le procédé décrit sur la figure 7.

La seule erreur à éviter serait d'en venir, lorsque toute la courbe réelle est du même côté du tracé effectué (voir fig. 3, second intervalle tri-horaire), à faire la mesure à partir du niveau de référence constitué par ce tracé; il est clair qu'alors (figure 8) la mesure doit être faite en ajustant le bord gauche de la ligne-zéro de la grille à l'endroit du maximum absolu et en transposant mentalement en A' sur la verticale du maximum absolu, la position du minimum absolu ($K = 6$, ici); cette translation en A' doit évidemment se faire parallèlement à la variation-W. Si l'on se trouve proche de la frontière entre deux indices, il est aisé de marquer au crayon ce point A'.

Nous avons expérimenté cette méthode sur 36 années d'enregistrements et nous préciserons, dans la seconde partie, la souplesse avec laquelle elle doit

two parameters, is difficult.

In fact, considering the respective morphologies of the K-variations and of the non-K-variations, the value of the K-index can often be estimated with sufficient precision by a mental elimination of the non-K-variation. The method remains difficult to apply when no K-variation clearly stands out from the others in the three-hour interval, or when the estimated K-value is close to the border-line between two successive indices.

In these latter cases, the difficulty can be easily avoided by pencilling on the record the assumed non-K-variation. Figure 7 shows this: when the non-K-variation is drawn on the record, the points on the photographic trace where absolute maximum and minimum are located appear at first sight, namely at E and G. These points should fix the position of segments AB and CD of figure 6, and the measurement of the amplitude is represented by the sum $EF + HG$. Therefore, it is sufficient to adjust the left side of the zero-line of the gauge at the point E, to observe where point F is located on the left side, and to add mentally the quantity HG. When the value obtained is close to a border line between two indices, the left side of the gauge will have to be moved onto the vertical HG, and the point of the gauge which was at F before the transfer must be adjusted to H; or again one can mark on the record a point G' located at a distance from F equal to HG.

Prior to the preparatory work for the Atlas, the author had always used this first method when he measured the K-indices; but, while measuring the K-indices for three-year samples of records at twelve observatories in order to study systematically the day-to-day variability of the daily variation, he has little by little come to the use of a second method, which has some advantages.

It consists in systematically using the preceding graphical procedure every time the non-K-variations can be identified, that is, to draw the daily variation on the records. This drawing (cf. fig. 4) coincides with the photographic trace itself (and is not drawn parallel to it) wherever the record is such that no K-variation can be considered to exist. When such a drawing is made, the K-measurement becomes extremely rapid and sure according to the procedure described on figure 7.

The only error to avoid would be, when the whole curve is on the same side of the drawing (cf. figure 3: second three-hour interval), to make the measurement from a reference-level taken on this drawing; clearly (cf. figure 8), the measurement must be made, in this case, by adjusting the left side of the gauge zero-line to the point of absolute maximum, and by transferring mentally the position of absolute minimum to A', on the vertical of the absolute maximum ($K = 6$, here); this translation obviously must be made parallel to the W-variation. If A' is close to a border-line between two indices, it is easy to put a pencil mark at this point on the sheet.

The author has tested this method on 36 years of records, and describes, in the Second Part, the flexibility with which it must be used in relation to the

être utilisée, en fonction de l'agitation ou en fonction de la latitude. Elle a les avantages suivants:

1/ Plus grande rapidité et plus grande exactitude dans les mesures: en effet le tracé de la variation journalière, les jours calmes, consiste souvent en une rapide interpolation entre des éléments de la courbe pour lesquels toute variation-K est manifestement absente, et ceci fait, les mesures de l'indice sont précises et quasi-instantanées (comme elles le sont lorsqu'aucune variation-non-K n'existe). Par agitation moyenne, si le tracé n'existe pas, l'opération mentale de l'élimination de la variation-non-K conduit à des hésitations qui ralentissent la mesure; elle reste parfois imprécise et, dans les cas difficiles, on est finalement conduit à recourir à la méthode du tracé.

2/ Plus grande homogénéité dans les mesures au point de vue de l'élimination des variations-non-K: en effet l'identification de celles-ci est difficile, spécialement en ce qui concerne l'effet-W. S'astreindre à interpréter graphiquement les courbes des jours calmes, ou presque calmes, donne rapidement une expérience concrète de la variabilité jour-à-jour de l'effet-W. Utiliser l'expérience ainsi acquise en dessinant, les jours d'agitation moyenne, l'effet-W que l'on suppose exister, permet d'apprécier avec beaucoup plus de certitude la vraisemblance ou l'in vraisemblance de l'interprétation; par contre, aussi longtemps que l'interprétation supposée n'est pas représentée sur l'enregistrement, il est difficile de juger sa valeur. Enfin, l'existence de ces tracés et leur comparaison peuvent seules permettre à chaque observateur d'arriver peu à peu à définir une base objective pour l'identification de l'effet-W (voir Seconde Partie).

Il est cependant important de préciser que de tels tracés, si on choisit de les faire, doivent être faits au crayon, rapidement, à main levée et sans aucun instrument de dessin. Nous avons vu des observateurs qui les effectuaient avec un "pistolet" déformable; ceci semble devoir être déconseillé pour deux raisons: 1/ un tel soin pourrait, à la rigueur, être envisagé si l'on voulait mesurer l'amplitude exacte en gammas; le fait que la mesure doive finalement être faite avec une grille le rend superflu; 2/ le plus souvent, la précision avec laquelle l'effet-W peut être identifié est seulement de l'ordre de grandeur d'un tracé fait rapidement à main levée.

Ce tracé à main levée, lorsqu'il est fait, peut comporter maintes bavures. Ce n'est que pour un intervalle tri-horaire où la mesure correspond à la "frontière" de deux indices, que le tracé peut ensuite être repris avec un peu plus de soin.

En conclusion, on pourrait dire que les deux méthodes ici proposées doivent plutôt se succéder qu'être opposées l'une à l'autre. La seconde nous semble être nécessaire pour l'observateur qui s'initie aux mesures du K sur les enregistrements d'un observatoire donné; il aura à la pratiquer systématiquement de manière extensive (par exemple, sur au moins une année d'enregistrements...), réussissant ainsi peu à peu à acquérir une base objective dans l'identification de l'effet-W. La première sera celle de l'observateur entraîné, capable de reconnaître en général au premier coup d'oeil s'il est utile d'identifier la variation journalière, et ce qu'elle est; il pourra utilement recourir à la seconde méthode seulement lorsqu'il aura, au premier coup d'oeil jeté

agitation or in relation to the latitude. It has the two following advantages:

1/ Greater speed and greater accuracy in the measurements: indeed, the drawing of the daily variation, on quiet days, often consists in a rapid interpolation between elements of the record in which every K-variation is clearly absent; and, this done, the measurements of K are precise and nearly instantaneous, as they are when there is no non-K-variation. On a day of moderate agitation, if the drawing does not exist, the mental elimination of the non-K-variation causes some hesitation which delays the measurements; they are not always precise, and, in the difficult cases, it is necessary ultimately to return to the method of drawing.

2/ Greater homogeneity of the measurements for the elimination of the non-K-variations. Indeed, the identification of the non-K-variations is difficult, especially for the daily variation. To force oneself to interpret the curves graphically on quiet (or almost quiet) days soon gives a concrete experience of the day-to-day variability of the daily variation. The experience thus acquired in drawing, on each day of moderate agitation, the assumed daily variation, enables one to estimate the probability or the improbability of the interpretation with much greater certainty; on the contrary, as long as the assumed interpretation is not represented on the record to judge its probability is difficult. Finally the existence of these drawings and their comparison may be the only way, for each observer, to succeed little by little in obtaining an objective basis for the identification of the W-effect (cf. Second Part).

However, it is essential to specify that such drawings, when they are made, must be made quickly with a pencil, free-hand and without drawing instruments. The author has seen some observers who made the drawings with an adjustable "French curve". This does not seem advisable for two reasons: 1/ such carefulness might be envisaged, if need be, when one wishes to measure the exact amplitude a in gammas; the fact that the K-measurement must ultimately be made with a gauge renders it superfluous; 2/ most of the time, the exactness with which the W-effect can be identified is only of the order of magnitude of a free-hand drawing.

This free-hand drawing, when it is made, may often contain quite a few pencil smudges. It is only in the case of a three-hour interval where the measurement corresponds to the "border" between two indices, that the drawing should be remade with a little more care.

In conclusion, one might say that the two methods here proposed are rather complementary than exclusive to each other. The second seems to be necessary for the observer who is learning to measure the K's on the records of a given observatory, he will have to practice it systematically and extensively (for instance, on at least one year of records ...), in order to succeed little by little to get an objective basis for the identification of the W-effect. The first method will be that of the experienced observer, able in general to judge at first sight whether it is necessary to identify the daily variation and what it is; he may profitably have recourse to the second method when, at the first glance at the record, he feels some hesitation; indeed, to make a drawing

sur l'enregistrement, quelque hésitation; en effet, effectuer alors un tracé lui permettra d'objectiver son jugement⁽¹⁾.

3.3 LES CAS - "FRONTIERE".

La mesure de l'indice K est strictement objective. Ainsi considérons une succession de deux intervalles calmes; dans le premier, élimination faite des variations-non-K, l'enregistrement apparaît être une ligne droite; dans le second, il existe une série continue de petites fluctuations dont toutes sont cependant inférieures en amplitude à la limite supérieure pour $K = 0$: à l'un et à l'autre, la valeur $K = 0$ devra être assignée, bien que le second soit plus agité que le premier. Ceci traduit simplement le fait que la valeur $K = 0$ ne signifie pas nécessairement une absence complète d'agitation, mais seulement une amplitude tri-horaire comprise entre une valeur nulle et une valeur inférieure à la limite supérieure adoptée pour $K = 0$.

Inversement, il arrivera parfois que l'observateur soit décontenancé par une apparence contraire. Imaginons par exemple une période très calme dans laquelle existe une baie très régulière, de durée inférieure à 3 heures: si la baie est au milieu d'un intervalle tri-horaire, seulement un indice présentera une valeur élevée (par exemple $K = 3$ ou 4), mais si la baie est située exactement de part et d'autre de la frontière de deux intervalles tri-horaires, deux indices successifs auront cette valeur $K = 3$ ou 4 . La variation-K est cependant la même dans les deux cas; la différence vient seulement du moment de son occurrence par rapport à la frontière de deux intervalles tri-horaires. Un cas analogue peut se produire lors du début brusque d'une perturbation: imaginons un intervalle tri-horaire très calme, présentant un début brusque dans les dernières minutes, ou même à la dernière minute. Sans ce mouvement brusque, on aurait $K = 0$ pour l'intervalle considéré; avec lui, on a $K = 2$ ou 3 , et l'intervalle suivant n'aura peut-être pas un K plus élevé malgré une agitation apparente beaucoup plus grande.

Dans chacun de ces cas, la mesure de l'indice K doit rester strictement objective, et ne tenir aucun compte du fait que la valeur obtenue représente mal l'agitation réelle⁽²⁾.

Ces premières remarques concernaient des cas-"frontière" au sens de la frontière entre deux intervalles tri-horaires successifs. Les cas-frontière les plus importants et les plus fréquents sont cependant ceux qui concernent la frontière entre deux indices (ou classes) de l'échelle. Quelle est alors l'attitude à prendre ?

On peut distinguer deux situations. Dans la première, le cas-frontière n'est pas véritablement atteint, c'est-à-dire que, à la limite raisonnable de précision de la lecture, l'amplitude a est nettement inférieure ou supérieure à la limite entre ces 2 indices successifs. La mesure doit alors rester strictement objective (indice inférieur ou indice supérieur) et ne faire aucune place à l'impression "subjective" éprouvée par rapport à des intervalles tri-horaires voisins. Cette première situation concernera le plus souvent des indices élevés (K supérieur à 3 ou 4 par exemple): il

(1) Afin d'éviter d'abîmer les enregistrements par des tracés au crayon il est suffisant d'employer un crayon assez doux. Ils peuvent ensuite être effacés avec une gomme genre "mie-de-pain" (du type employé par les dessinateurs); il ne reste alors aucune trace gênante sur les enregistrements.

(2) Cette difficulté, au point de vue de la "signification" de l'indice K, sera discutée en 4.4.

then will allow him to objectify his judgement⁽¹⁾.

3.3 - BORDER CASES.

The measurement of the index K must be strictly objective. Thus, let us consider a succession of two quiet intervals; in the first one, after eliminating the non-K-variations, the record emerges as a straight line; in the second, there exists a continuous series of small fluctuations all of which however have an amplitude lower than the upper limit $K = 0$: to both, the value $K = 0$ must be assigned, although the second interval is more disturbed than the first one. This is because the value $K = 0$ does not necessarily mean a complete absence of agitation, but only a three-hour amplitude included between a zero value and a value lower than the upper limit adopted for $K = 0$.

Conversely, it will sometimes happen that the observer may be confused by an opposite appearance. Let us imagine, for instance, a very quiet period in which occurs a very regular bay, whose duration is less than three hours: if the bay is in the middle of a three-hour interval, only one index will have a high value (for instance, $K = 3$ or 4), but if the bay is exactly located on either side of the border between two three-hour intervals, two successive indices will have this high value $K = 3$ or 4 . The K-variation however is the same in both cases; the difference is only due to the moment of its occurrence in relation to the border between two three-hour intervals. An analogous situation may arise in the case of a storm sudden commencement: let us imagine a very quiet three-hour interval, with a s. s. c. beginning in the last minutes, or even in the last minute. Without this s. s. c., $K = 0$ would be the measurement for the interval; with it, $K = 2$ or $K = 3$ is the measurement, and the following interval may perhaps have the same K-value in spite of an agitation apparently much greater.

In each of these cases, the K-index measurement must remain strictly objective, and take no account of the fact that the value obtained poorly represents the true agitation⁽²⁾.

These first remarks concerned "border" cases, in the sense of the "border" between two successive three-hour intervals. However the more important and frequent border-cases are those which concern the border-line between two indices (or classes) of the scale. What course should the observer take ?

Two situations can be distinguished. In the first one, the border-line case is not really reached, that is to say, with the reasonable limit of precision expected from the reading the amplitude a is clearly lower or higher than the limit between these two successive indices. The measurement must then be strictly objective (lower or upper index), and take no account of the "subjective" impression felt by comparison with neighbouring three-hour intervals. This first situation will most frequently concern high indices (K higher than 3 or 4 for instance); in these cases, it is usually possible to deter-

(1) In order to avoid spoiling the records by pencil-drawings, one may use a soft pencil; afterwards, they may be erased with "bread-crumbs" rubber (of the type used by draughtsmen); no smudges are then left on the records.

(2) This apparent difficulty is discussed in chapter 4.4, from the point of view of the "meaning" of K-index.

est alors ordinairement possible de déterminer de quel côté du trait de la grille (ou du bord gauche de ce trait) se trouve le minimum absolu des variations-K.

La seconde situation est plus souvent rencontrée avec les indices faibles: on se trouve véritablement à la frontière de deux indices, et il y a apparemment indétermination. Dans ce cas, si des variations-non-K existent, une première manière de lever l'indétermination est de tenir compte de la marge d'incertitude dans l'identification de celles-ci. Supposons par exemple qu'une identification légèrement différente soit aussi probable; la modification qui en résulte permettra de lever l'indétermination.

Supposons cependant qu'une telle incertitude n'existe pas. La solution à adopter, particulièrement valable pour la discrimination entre les $K = 0$ et les $K = 1$, est alors la suivante: l'observateur tiendra compte de son jugement subjectif. Ainsi considérons deux intervalles à la frontière du 0 et du 1; dans l'un et dans l'autre, la variation-non-K est très claire, étant représentée sans équivoque par l'allure générale de l'enregistrement; dans le premier, le cas-frontière est causé par une fluctuation unique, mais dans le second, il existe, en plus du mouvement causant l'indétermination, plusieurs autres petits mouvements. Le premier intervalle apparaît donc nettement moins agité que le second, on assignera $K = 0$ au premier et $K = 1$ au second.

La ligne de conduite indiquée ici, surtout valable pour les faibles indices, doit être appliquée de manière très souple. Le facteur "subjectif" ne doit pas être fondé sur la comparaison de multiples intervalles, appartenant, par exemple, à d'autres jours, mais sur un jugement rapide effectué à partir de l'intervalle lui-même ou des intervalles voisins. Autrement dit, nous avons souligné précédemment que l'observateur ne doit pas faire place à son jugement subjectif pour conserver à l'indice K sa valeur "objective"; c'est seulement lorsqu'il se trouve devant un réel cas frontière (choix entre 2 indices) tel qu'il vient d'être décrit qu'il pourra introduire cet élément personnel dans la mesure. Donnons encore un exemple concret, en reprenant un cas évoqué ci-dessus: à la fin d'un intervalle très calme, une brusque variation-K commence qui donne un indice K à la frontière du 2 et du 3, et l'indétermination est réelle; on choisira $K = 2$.

Notons que, au long de ces remarques, nous nous sommes situés au point de vue de la mesure de l'indice sur une composante prise isolément. En fait il arrivera que, le cas-frontière se présentant sur une composante, l'indétermination sera levée par l'autre composante pour laquelle l'indice mesuré est plus grand. Cependant si l'amplitude a est plus faible sur cette autre composante, l'indétermination subsiste et doit être levée selon la méthode indiquée.

3.4 PEUT-ON INCLINER LA GRILLE ?

La description de l'utilisation de la grille faite en 3.2 a montré que la mesure de l'indice K suppose, en principe, une grille maintenue toujours verticale. En effet une mesure faite en orientant la grille normalement aux courbes représentant les variations-non-K reviendrait à mesurer la projection de l'amplitude a sur la normale à ces courbes; ce serait introduire une erreur dont l'ordre de grandeur est proportionnel à la différence, à l'unité, du cosinus de l'angle d'inclinaison.

Cet ordre de grandeur permet à un observateur exercé d'apprécier aisément

mine on what side of the gauge line (or of the left side of this line) the absolute minimum of the K-variations is located.

The second situation is more often encountered with small indices: the measurement just corresponds to the border line of two successive indices, and there is apparently an indeterminacy. In that case, if some non-K-variations are present, a first way of removing the indeterminacy is to take into account the margin of uncertainty in their identification. Assume for instance that a slightly different identification is also probable; the resulting change will permit removal of the indeterminacy.

Suppose however that no such uncertainty exists. Then the course to follow, especially useful for the discrimination between indices $K = 0$ and $K = 1$, is this: the observer will take into account his "subjective" judgement. Let us thus consider two three-hour intervals, on the border line between $K = 0$ and $K = 1$; in both of them, the non-K-variation is very clear, and is unequivocally represented by the general "trend" of the record; in the first one, the border line case is caused by one fluctuation only, but in the second, there are, besides the movement causing the indeterminacy, several other small movements. Consequently, the first interval clearly seems less disturbed than the second one; $K = 0$ will be retained for the first, and $K = 1$ for the second.

The line of conduct indicated here, useful especially for low indices, must be applied in a very flexible manner. The "subjective" or personal factor must not be based on the comparison of various intervals belonging, for instance, to other days, but on a rapid judgement made from the interval itself or from neighbouring intervals. Of course, we had previously emphasized that the observer must leave no room to his subjective judgement in order to preserve the "objective" value of K-index; however, when he finds himself with a true border-line case (choice between two indices) such as has been just described, he may introduce this personal element in the measurement. Let us give another concrete example, relative to a case mentioned above: at the end of a very quiet interval, a sudden K-variation begins, giving a K-index at the border of $K = 2$ and $K = 3$, with true indeterminacy; $K = 2$ will be chosen.

Throughout all these remarks, we considered the measurement of the index in one component taken separately. In fact, in some cases, the indeterminacy exists in one component, but is removed by the other in which the index K is higher. However, if the amplitude a is lower on this other one, the indeterminacy remains, and must be removed by the method indicated.

3.4. MAY THE GAUGE BE TILTED ?

The description for the use of the gauge, made in 3.2, has clearly shown that the measurement of K index implies, as a rule, that the gauge will always be held vertically. Indeed, a measurement made with the gauge pointing perpendicularly to the curve representing the non-K-variations would be equivalent to measuring the projection of the amplitude a on the normal to these curves; this would introduce an error of which the order of magnitude is given by the difference between unity and the cosine of the angle of tilt.

This order of magnitude enables an experienced observer to estimate

la latitude dont il dispose à cet égard. Si la variation-non-K présente une courbure appréciable, une telle latitude n'existe pas, et seul le bord gauche de la grille doit être utilisé. Lorsque la variation-non-K n'a pas de courbure, et que les variations-K d'un intervalle tri-horaire sont aisément encadrées entre le trait-zéro et l'espacement situé entre 2 traits successifs de la grille, il sera souvent possible d'incliner légèrement celle-ci, et ceci d'autant plus que la mesure ainsi obtenue est nettement éloignée d'un cas-frontière. Mais dans un cas-frontière, il faudra revenir à l'utilisation du seul bord gauche, en maintenant la grille strictement verticale.

3. 5. ENREGISTREMENTS INCOMPLETS.

Lorsque l'enregistrement manque pour un intervalle donné, l'indice, ne pouvant être mesuré, sera remplacé par un tiret.

En cas de perturbation très grande, si l'enregistrement, incomplet dans un intervalle tri-horaire, permet cependant d'affirmer que, sur l'une des composantes, la limite supérieure pour K = 9 est déjà dépassée par la partie d'enregistrement existante, la valeur K = 9 peut être donnée sans aucune restriction; elle correspond à une mesure parfaitement exacte.

Lorsque seulement une faible partie de l'enregistrement manque à l'intérieur d'un intervalle tri-horaire, la possibilité d'une interpolation est laissée au jugement de l'observateur. Elle doit reposer sur la base suivante: la probabilité de l'interpolation doit être telle que la valeur interpolée ne s'écarte certainement pas de plus d'une unité de la valeur réelle. Toute valeur interpolée sera notée entre parenthèses, sauf si aucune ambiguïté n'existe.

Donnons des exemples: la portion d'enregistrement qui existe permet de mesurer un K = 8, l'amplitude a visible étant proche de K = 9; l'aspect de la courbe de part et d'autre de la partie manquante est tel, par la rapidité de la variation, que la frontière du 8 au 9 a très probablement été dépassée; on pourra mesurer 9 avec une réelle certitude. Inversement, la portion d'enregistrement qui existe permet de mesurer un K = 7, l'amplitude visible restant loin de la frontière du K = 8; l'aspect de la courbe de part et d'autre de la partie manquante permet de supposer que la frontière K = 8 n'a pas été dépassée; on retiendra la valeur K = 7.

De telles situations seront plus fréquemment rencontrées dans un observatoire polaire en période de grande agitation, et l'observateur ne doit pas hésiter à interpoler, spécialement pour des indices élevés. En effet, au point de vue de l'utilisation statistique des indices K pour des comparaisons entre observatoires, des indices élevés manquants sont toujours gênants. Lors de mesures faites sur des microfilms d'enregistrements polaires de la II^{ème} A. P. I., nous avons fréquemment fait de telles interpolations avec une réelle certitude. Le seul écueil à éviter est celui souligné par J. Bartels en (2, § 1.10): donner une valeur interpolée K = 7 alors qu'un K = 9 serait possible.

3. 6. CONCLUSION.

Supposé résolu le problème de l'identification des variations-non-K, la mesure de l'indice K est une mesure simple et extrêmement rapide. A certains égards, elle est même une mesure "grossière". Ceci résulte de la définition même

easily what freedom he has, in fact, in tilting. If the non-K-variation has an appreciable curvature inside the three-hour interval, no such freedom is allowed; only the left side of the gauge may be used. When the non-K-variation has no curvature and when the K-variations of the three-hour interval are easily enclosed between the zero-line and one of the spacings of the gauge, it will be often possible to tilt the gauge slightly; and more so if the measurement thus obtained clearly does not seem to be close to a border line case. But, in a border line case, one will have to come back to using only the left-side, with the gauge held strictly vertical.

3.5. INCOMPLETE RECORDS.

When the record is incomplete for a given interval, the missing index must be replaced by a hyphen.

During a severe perturbation, if the record is incomplete within a three-hour interval, but if, on one of the components, the lower limit for $K = 9$ is already crossed by the existing part of the record, the value $K = 9$ can be given without any restriction; it corresponds to an entirely true measurement.

When only a small part of the record is missing within a three-hour interval, the possibility of interpolating is left to the judgement of the observer. It must rest on the following basis: the probability of the interpolation must be such that, without any doubt, the interpolated value does not diverge more than one unit from the true value. Each interpolated value must be given in brackets, unless there is no ambiguity.

Let us give some examples: with the existing part of the record, one can measure $K = 8$; however the visible amplitude a is close to $K = 9$, and the appearance of the curve on either side of the missing part is such that, to judge from the speed of the variation, the border between 8 and 9 has in all probability been crossed; then $K = 9$ can be estimated with true certainty. Conversely, with the existing part of the record, one can measure $K = 7$, but the visible amplitude a remains far from the border of $K = 8$; to judge from the appearance of the curve on either side of the missing part, the border of $K = 8$ probably has not been crossed; one can keep the value $K = 7$.

Such situations will be more frequently encountered at a polar observatory during great agitation, and the observer must not be afraid to interpolate, especially for the high indices. Indeed, from the point of view of the statistical use of K-indices for comparison between observatories, missing high indices are always troublesome. While making measurements on microfilmed polar records of the Second I. P. Y., the author has frequently made such interpolations with true certainty. The only pitfall to avoid is that emphasized by J. Bartels (2, § 1.10): to give an interpolated value $K = 7$ when $K = 9$ would be possible.

3.6. CONCLUSION.

Assuming that the problem of identifying the non-K-variations is solved, the K-index measurement is a simple and very rapid one. In some respects, it is even a "rough" measurement. This results from the very definition of the K-index:

de l'indice K : il n'est pas la mesure d'une amplitude exacte en gammas, mais seulement la détermination de la classe d'amplitudes à laquelle appartient l'amplitude a de chaque intervalle tri-horaire. Et la figure 5 donne une idée de l'extension de chacune de ces classes aussi bien que de la latitude qui existe pour chaque détermination, exception faite de cas-frontière.

A ce point de vue, ce type de mesure n'a aucun rapport avec la mesure des valeurs horaires sur les enregistrements qui, effectuée manuellement, reste une mesure précise, longue et laborieuse. Si elle demande une qualification professionnelle plus grande, souvent la mesure de l'indice K devient une appréciation plus qu'une mesure, et c'est pourquoi l'ordre de grandeur du temps que prennent de telles mesures, tel qu'il a été donné par J. Bartels à plusieurs reprises (2, § 1. 1) et (9, p. VII) est valable: 1 à 2 heures pour un mois d'enregistrements. Un temps beaucoup plus long (par exemple, 4 à 6 heures) consacré à ce type de mesures par un observateur exercé manifesterait que l'esprit dans lequel il doit être fait n'a pas été compris.

Notons d'ailleurs que, exception faite des observatoires qui sont astreints à envoyer chaque jour leurs indices K à un organe de diffusion (par exemple, Centre d'Ursigrammes) ou de ceux qui doivent les envoyer bi-mensuellement au Centre chargé du calcul de l'indice planétaire K_p , il est infiniment préférable de ne pas faire ces mesures chaque jour (sinon à titre provisoire peut-être). L'identification des variations-non-K sera en effet d'autant plus homogène qu'elle sera faite sur de longues séries (1 mois au moins, par exemple).

CHAPITRE 4

SIGNIFICATION DE L'INDICE K

"Le but de l'indice K est, grosso modo, de fournir des données homogènes et continues sur la variation des effets terrestres de la radiation corpusculaire solaire en mesurant l'intensité de l'activité géomagnétique causée par les courants électriques produits autour de la terre par cette radiation... Le procédé utilisé doit établir un équilibre entre la précision requise et l'économie nécessaire. Nouvelle forme de résumé des enregistrements magnétiques, l'indice complétera les tableaux ordinaires des valeurs horaires moyennes des observatoires".

Ces mots par lesquels J. Bartels introduisait (1, p. 411-412) l'indice K, il y a quelques 25 ans, peuvent être rapprochés d'une remarque faite récemment par le même auteur (6): "La grande quantité d'informations données par les magnétogrammes originaux ne peut être remplacée ni par un indice unique, ni par un groupe de quelques caractères. Quiconque a eu l'opportunité de jeter un coup d'oeil sur un grand nombre de magnétogrammes simultanés de stations réparties sur tout le globe agréera avec le fait qu'une telle description synoptique fournit une impression vive et riche des variations du champ magnétique et de leur distribution géographique. Cette impression ne peut pas être bien synthétisée par un ou plusieurs indices ou symboles descriptifs. L'indice K n'est rien d'autre qu'un pâle - bien qu'utile - résumé d'un certain aspect des variations pour une station ..."

it is not the measurement of an exact amplitude in gammas, but only the determination of the amplitude class to which the amplitude of each three-hour interval belongs. And figure 5 gives an idea of the extent of each of these classes, as well as of the latitude existing for each determination, apart from border-line cases.

Thus, this kind of measurement is completely different from the measurement of hourly values on the records. The latter, made by hand, remains a precise measurement, requiring much time and labour. The former unquestionably requires a greater professional qualification (2, § 1.1), but the index measurement often becomes an estimation of the class rather than a measurement; hence, the time spent on such measurements, as estimated by J. Bartels on different occasions, (2, § 1.1 and 9 p. VII), is the right one: one to two hours per month of records. A much longer time (for instance 4 to 6 hours) devoted to this kind of measurement by an experienced observer would show that the spirit in which it must be done has not been understood.

In other respects, except for the observatories which are obliged to send their K-indices every day to a broadcasting organisation (Ursigram Centre, for instance) or for those which must send them, twice a month, to the computation Centre of the planetary index K_p , it is far better not to make these measurements every day (unless provisionally perhaps). The identification of non-K-variations will indeed be all the more homogeneous if it is done on a long series (one month at least, for instance).

CHAPTER 4

THE MEANING OF THE INDEX K

"The purpose of the index K is, broadly speaking, to provide a homogeneous running record of the terrestrial effects of solar corpuscular radiation by measuring the intensity of geomagnetic activity caused by the electric currents produced around the Earth by that radiation. The actual procedure has to strike a balance between the required precision and the necessary economy. As a new form of abstract from the magnetic records, K will supplement the ordinary tabulations of hourly mean values for observatories".

These words by which J. Bartels introduced the Index K (1, p. 411-412), some twenty-five years ago, can be paralleled with a remark recently made by the same author (6): "It should not be forgotten that no single index nor an array of a few characteristics can replace the great amount of information on time variations given by the original magnetograms. Everybody who has had the opportunity to inspect at one glance a great number of simultaneous magnetograms from stations distributed all over the globe will agree that such a synoptic picture provides a vivid and rich impression of the actual time-variations of the geomagnetic field and their geographical distribution. This impression cannot be well replaced completely by one or more indices or descriptive symbols. The K-index is nothing but a pale - though useful - abstract of a certain aspect of the variation for a single station".

Nous essayerons d'abord de dégager quel aspect des variations magnétiques "résume" l'indice K de manière homogène et continue (§ 4.1), puis de justifier l'équilibre établi entre la précision requise et l'économie nécessaire en fonction des différents choix sur lesquels repose l'indice K: 1/ utilisation des deux seules composantes horizontales (§ 4.2); 2/ indice déterminé par la plus grande amplitude de ces deux composantes (§ 4.3); 3/ longueur de l'intervalle de temps (§ 4.4); 4/ échelle quasi-logarithmique (§ 4.5). Nous pourrions alors préciser la signification de l'indice K (§ 4.6); nous répondrons en même temps à la question de savoir s'il est utile pour tous les observatoires de participer à ce type de mesure.

4.1 - ASPECT DES VARIATIONS MAGNÉTIQUES MESURÉES PAR L'INDICE K.

Pour quiconque est familier avec les enregistrements magnétiques et cherche à s'intéresser non seulement à quelques phénomènes morphologiquement bien définis, mais à la totalité des variations irrégulières qui apparaissent, leur aspect est décevant. Quels paramètres peut-on choisir pour saisir et définir de manière continue, dans le temps, ces variations et leur complexité ?

Les valeurs horaires, J. Bartels le notait, sont une première information ou un premier "résumé" des enregistrements. Elles présentent cependant l'inconvénient majeur de ne pas discriminer les variations dues à l'effet-P et celles dues à l'effet-W. Elimination faite de ces dernières - c'est là le premier principe, absolument essentiel, sur lequel repose l'indice K -, les enregistrements présentent sans doute un type de variations irrégulières assez bien défini morphologiquement et appelé Dst; il correspond principalement à une décroissance de la force horizontale H sur tout le globe, spécialement aux latitudes tropicales. Ce phénomène, qui devient très saillant lors d'un orage, existe cependant de manière continue. Sa mesure est difficile, et ne permet pas actuellement d'éliminer toute contamination par d'autres phénomènes (7), mais sa signification est évidente: elle représente, en somme, un enregistrement continu dans le temps du champ magnétique créé dans l'environnement immédiat de la Terre par l'anneau équatorial. C'est là un premier indice d'activité magnétique extrêmement important.

Ce premier type de variations irrégulières ne représente cependant qu'une petite partie de celles qui apparaissent sur les enregistrements. Le reste est formé de variations non moins irrégulières mais beaucoup plus rapides, ne présentant la plus part du temps aucun caractère périodique; les magnéticiens les ont longtemps qualifiées par le terme général d' "agitation", et l'on tend depuis quelques années à parler de "bruit magnétique".

Il est parfois possible de classer "morphologiquement" certaines de ces variations: débuts brusques ou baies, par exemple; mais la plupart échappent à toute classification. Analogues à un "bruit", elles sont formées de fluctuations irrégulières quant à leur forme, leur durée (allant de quelques minutes à quelques heures) et leur amplitude.

De ces 3 paramètres, le premier fait l'objet d'une analyse publiée dans les bulletins 12 du I. A. G. A.; celui-ci ne peut cependant retenir que celles des variations qui sont morphologiquement bien définies, il ne peut être véritablement continu. Le

We shall try first to show which aspect of the magnetic variations is measured by K-index in a homogeneous way (§ 4. 1) and then attempt to justify the balance established between the required precision and the necessary economy in relation to the different choices on which K index rests: 1/ the use of only the two horizontal components (§ 4. 2), 2/ the index determined by the greater amplitude of these two components (§ 4. 3), 3/ the length of the time interval (§ 4. 4), 4/ the quasi-logarithmic scale (§ 4. 5). We shall then be able to specify what is the meaning of the index K (§ 4. 6); at the same time, we shall answer the question whether it is useful or not for all observatories to take part in this type of measurement.

4. 1 - WHICH ASPECT OF MAGNETIC VARIATIONS IS MEASURED BY K-INDEX ?

To anyone familiar with the magnetic records and endeavouring to take an interest not only in some morphologically well-defined phenomena but in all irregular variations which appear, the aspect of the records is disappointing. Which parameters can be chosen to represent and define in a continuous way, with time, these variations and their complexity ?

The hourly values, as J. Bartels noted, give a first information or a first "abstract" of the records. They present however this major drawback in not being able to discriminate between the variations due to the P-effect and those due to the W-effect. Once the latter have been eliminated - and this is the first and absolutely essential principle upon which the index K rests -, the records present two types of irregular variations. The first is morphologically rather well-defined, and called Dst; it corresponds chiefly to a decrease of the horizontal force H on the whole globe, especially in tropical latitudes. This phenomenon which becomes very salient at the time of a storm however is continuously existent. Its measurement is difficult, and does not allow at the present time the elimination of every contamination by other phenomena (7), but its meaning is obvious: such a measure represents, in some sort, a time running record of the magnetic field due to the equatorial ring-current, in the immediate environment of the Earth. This is a first index of magnetic activity which is of great value.

However this first type of irregular variations represents only a small part of those appearing on the records. The remainder consists of variations not less irregular but much more rapid, which, most of the time, have no periodic character; geomagneticians have, for a long time, designated them by "agitation" or "activity", and, in recent years, the term "magnetic noise" is frequently used.

It is sometimes possible to classify "morphologically" some of these variations: sudden commencements or bays, for instance; however most of them defy any classification. As with "noise", they are made up of fluctuations irregular in form, in duration (from a few minutes to a few hours) and in amplitude.

The first of these three parameters is the object of an analysis published in the bulletins 12 of the I. A. G. A. ; however such an analysis can retain only those of the variations which are morphologically well defined, and it cannot be truly continuous.

second est pratiquement insaisissable: en effet, comment dans la complexité des variations qui apparaissent, isoler chacune d'elles de telle sorte qu'on puisse affirmer qu'elle forme un événement indépendant ? A cet égard, il en est de même pour le troisième paramètre: l'amplitude d'une variation ne peut être déterminée que s'il est possible de définir quand elle commence et quand elle finit. Mesure de temps ou mesure d'amplitude posent la même difficulté.

Cependant le paramètre d'amplitude est le plus important, sinon le seul intéressant: la variation des amplitudes en fonction du niveau d'agitation apparaît, en effet, être le trait majeur des variations observées sur les enregistrements, celle de leurs durées restant peu importante ou inexistante (nous reviendrons sur ce point en 4.4.2). Par conséquent, il apparaît possible d'obtenir une information valable en choisissant un intervalle de temps fixe, à l'intérieur duquel l'amplitude totale des variations serait déterminée. On obtiendrait ainsi une mesure continue de l'intensité du phénomène qu'est l'agitation (ou bruit) magnétique.

Deux conditions doivent être satisfaites pour qu'une telle mesure reste significative:

1/ les enregistrements magnétiques se présentent sous la forme d'une décomposition du champ total F en 3 composantes. La mesure d'amplitude doit, à priori, être représentative des variations du champ total, non de l'une des composantes choisies arbitrairement (§ 4.2 et § 4.3);

2/ les durées des variations sont étalées sur un certain spectre de fréquences. L'intervalle de temps doit être tel qu'il ne soit pas plus court que la durée la plus grande des variations apparaissant encore fréquemment dans le bruit; sinon, la mesure d'amplitude ne serait plus significative de l'amplitude totale de ces variations parce qu'elles seraient scindées en plusieurs parties. Inversement, l'intervalle de temps ne doit pas être beaucoup plus long que la durée moyenne des variations qui apparaissent le plus fréquemment; sinon, la mesure d'amplitude ne serait plus significative de l'intensité du bruit parce que, à l'intérieur d'un intervalle, il pourrait exister une variation importante de son intensité (§ 4.4.3 et § 4.4.4).

De plus, le même intervalle de temps peut-il analyser correctement le bruit à toute latitude ? autrement dit, y a-t-il une variation importante du spectre de fréquences des durées des variations en fonction de la latitude (§ 4.4.5) ?

L'indice K, en tant qu'il est défini par la plus grande des amplitudes totales de variation du champ sur les composantes H et D à l'intérieur d'un intervalle tri-horaire, est une mesure de ce genre. L'aspect des variations magnétiques en une station donnée qu'il cherche à atteindre serait donc une mesure de l'intensité de l'agitation ou du bruit magnétique. Cependant, dans l'équilibre établi entre la précision requise et l'économie nécessaire, de quelle manière l'indice K se rapproche-t-il encore de cet aspect ? Les paragraphes suivants chercheront à le déterminer.

4.2 - UTILISATION DES SEULES COMPOSANTES HORIZONTALES H et D.

Primitivement, les 3 composantes, H, D et Z étaient utilisées dans la mesure de l'indice K. Ceci signifiait que c'était l'équivalent de la force totale F du champ qui était mesurée, compte tenu de l'approximation qui sera discutée au § 4.3. L'avantage

The second one is practically impossible to define precisely; indeed, in the complexity of the variations which appear, how can each one of them be isolated so that one could say it forms an independent event ? In this respect, it is the same for the third parameter: the amplitude of a variation can be determined only if it is possible to define its beginning and its end. Time measurement or amplitude measurement present the same difficulty.

The amplitude parameter is however the more important, because the variation of the amplitudes in relation to the agitation level appears indeed the major feature of the variations observed on the records, while the variations of their durations remains unimportant or non-existent (we return to this point in 4.4.2). Consequently, it seems possible to obtain some worth while information in this manner: to choose a constant time-interval within which the total amplitude of the variations would be determined. Thus one would obtain a continuous measure of the intensity of such a phenomenon as magnetic agitation (or noise).

Two conditions must be satisfied in order that this measure remains significant:

- 1/ the magnetic records are given in the form of a resolution of the total field F into three components; the measurement of amplitude, a priori, must be representative of the variation of the total field, and not of one component chosen arbitrarily (§ 4.2 and § 4.3);
- 2/ the durations of the variations are distributed on a certain frequency spectrum. The time interval must be no shorter than the greatest duration of the variations which still frequently occur in the noise; otherwise, the measurement of amplitude would no longer be representative of the total amplitude of these variations because they would be split in several parts. Conversely the time interval must be not much longer than the mean duration of the variations which occur most frequently; otherwise, the measurement of amplitude would no longer be representative of the intensity of the noise, because there could exist an important variation of its intensity within a given interval (§ 4.4.3 and § 4.4.4).

Furthermore, can the same time interval analyse correctly the noise at any latitude ? In other words, is there an important variation of the frequency spectrum of the durations of variations with latitude (§ 4.4.5) ?

Insofar as the index K is defined by the greater of the total amplitudes of the field variation on the components H and D within a three-hour interval, it is a measurement of this type. The aspect of the magnetic variations which it tries to reach in a given station, would therefore be a measure of the intensity of magnetic agitation or noise. However, in the balance established between the required precision and the necessary economy, in what manner does the index K still approximate to this "aspect" ? The following paragraphs will try to determine this point.

4.2 - USE OF ONLY THE HORIZONTAL COMPONENTS H AND D.

Previously, the three components H, D and Z were used in the measurement of K-index. This meant the measure was based on the total field F (we take into account here the approximation discussed in 4.3). The advantage of this choice was the following:

de ce choix était que, il y a 25 ans, le nombre des observatoires de haute latitude était faible. Or, aux observatoires situés à 1000 ou 2000 kms de la zone aurorale, la composante Z est très sensible à l'électrojet auroral. Utiliser cette composante était par conséquent un moyen commode à cette époque de rendre l'indice K plus sensible aux perturbations aurorales localisées, et donc de mieux mesurer l'effet-P global du soleil.

A l'Assemblée de Berkeley, il a été décidé de ne plus utiliser la composante Z (excepté aux observatoires standard du Kp) pour deux raisons. D'une part la densité des observatoires polaires est maintenant suffisante pour donner les informations relatives à la zone aurorale; ne plus utiliser que les deux composantes horizontales revient à mesurer l'effet-P dans le seul voisinage du zénith de la station; ainsi une étude comparative des indices K pour des latitudes différentes devient plus significative. D'autre part, il est reconnu actuellement que les effets locaux des courants induits dans le sol sont plus grands qu'on ne le pensait, et la composante Z y est en général beaucoup plus sensible que les composantes horizontales; ne plus l'utiliser améliore par conséquent l'homogénéité des mesures entre observatoires ⁽¹⁾.

4.3 - DETERMINATION DE L'INDICE K PAR LA PLUS GRANDE AMPLITUDE a DES 2 COMPOSANTES H et D.

Reprenons la représentation donnée par J. Bartels (1, p. 420; 2, § 1.6) pour illustrer la signification de l'indice K; nous la transposons cependant pour les 2 seules composantes horizontales, et nous supposons effectuée l'élimination des variations-non-K: il est possible de construire, en fonction du temps et pour chaque intervalle tri-horaire, la courbe décrite par l'extrémité d'un vecteur d'origine fixe correspondant à chaque instant à l'amplitude de la variation-K sur chaque composante ⁽²⁾, et d'enclorre cette courbe dans un cadre rectangulaire dont les côtés sont parallèles aux axes de coordonnées et égaux aux quantités a_H et a_D . Le côté le plus long représente alors l'amplitude a à partir de laquelle l'indice K est déterminé.

Il semblerait cependant que la quantité $\sqrt{a_H^2 + a_D^2}$, représentée par la diagonale du rectangle, correspondrait beaucoup mieux à la première des conditions énoncées à la fin du paragraphe 4.1 (mesure représentative du champ total, non d'une composante choisie arbitrairement).

Considérons en effet un bruit sinusoïdal polarisé rectilignement; son énergie moyenne est proportionnelle au carré de l'amplitude totale, soit a, mesurée le long de l'axe de polarisation. Si le bruit est enregistré sur deux axes de coordonnées quelconques par rapport à l'axe de polarisation, la quantité a^2 est égale à la somme des carrés des amplitudes totales sur les axes de projection, soit $a_x^2 + a_y^2$. Par conséquent ce n'est pas la plus grande des projections a_x ou a_y qui est significative, mais bien la quantité $\sqrt{a_x^2 + a_y^2}$.

- (1) Il est évident que cette nouvelle définition de l'indice n'élimine pas entièrement le problème de l'hétérogénéité des courants induits à diverses stations. Tout utilisateur des indices K doit rester conscient de l'existence de cette difficulté.
- (2) Dans chaque intervalle tri-horaire, l'amplitude sur chaque composante serait donc comptée à partir d'une ligne de base fictive telle que le segment CD de la figure 6; l'indice K fait abstraction de tout signe positif ou négatif, il est une mesure d'intensité en valeur absolue.

the number of high-latitude observatories was, at this time, small; however, at observatories located at 1000 or 2000 kms from the auroral zone, the Z-component is very sensitive to the auroral electrojet; consequently using this component was a convenient way of making the K-index more sensitive to the localized auroral disturbances, and therefore of obtaining a better measure of the total P-effect of the sun.

It has been decided, at the Berkeley Assembly, to drop the Z-component (except at standard observatories of K_p) for two reasons. On the one hand, the density of polar observatories is now sufficient to give the information relative to the auroral zone; and using only the two horizontal components is therefore equivalent to measuring the P-effect only in the vicinity of the station zenith; thus a comparative study of K indices for different latitudes becomes more significant. On the other hand, it is now more and more widely recognized that the local effects of induced underground currents are greater than was thought, and the Z-component is, in general, much more sensitive to them than the horizontal components; consequently dropping it improves the homogeneity of measurements between observatories⁽¹⁾.

4.3 - DETERMINATION OF K-INDEX BY THE GREATER AMPLITUDE a OF THE TWO COMPONENTS H AND D.

Let us refer to the representation given by J. Bartels (1, p. 420; 2 § 1.6) to illustrate the meaning of K-index; we transpose it for the two horizontal components only, and we assume that the elimination of the non-K-variations has been made: it is possible to plot, as a function of time and for each three-hour interval, the curve described by the end of a vector from a fixed origin corresponding at each instant to the amplitude of the K-variation on each component⁽²⁾, and to enclose this curve in a tight-fitting rectangular frame with sides parallel to the coordinate axes and equal to the quantities a_H and a_D . The longer side then represents the amplitude from which the index K is determined.

It would seem however that the quantity $\sqrt{a_H^2 + a_D^2}$, represented by the diagonal of the rectangle, would correspond much better to the first of the conditions set forth at the end of paragraph 4.1 (a measure representative of the total field, and not of one arbitrarily chosen component).

Indeed consider a sinusoidal noise with rectilinear polarization; its mean energy is proportional to the square of the total amplitude a , measured along the polarization axis. If the noise is recorded on two coordinate axes arbitrary with respect to the polarization axis, the quantity a^2 is equal to the sum of the squares of the total amplitudes on the projection axes, namely $a_x^2 + a_y^2$. Consequently, it is not the greater of the projections a_x^2 or a_y^2 which is significant, but the quantity $\sqrt{a_x^2 + a_y^2}$.

-
- (1) Clearly, this new definition of the index does not entirely eliminate the problem of the heterogeneity of induced currents at various stations. Any user of K indices must be conscious of the existence of this difficulty.
- (2) Within each three-hour interval, the amplitude of each component would be reckoned from a fictitious base-line such as the segment CD of figure 6; the index K takes no account of any positive or negative sign, it is a measure of intensity in absolute value.

De même, dans le cas d'un bruit sinusoidal polarisé elliptiquement, l'énergie moyenne est proportionnelle à la somme des carrés du grand axe et du petit axe de l'ellipse; cette quantité reste invariante quels que soient les axes de projection sur lesquels le phénomène est enregistré. Or selon les propriétés du cercle de Monge d'une ellipse, le diamètre de ce cercle est égal à la diagonale (de longueur constante) du rectangle dans lequel on peut inscrire l'ellipse; par conséquent, quels que soient les axes de projection, l'énergie est proportionnelle à la somme des carrés des amplitudes totales a_x et a_y sur les axes de projection.

Dans le cas de l'indice K, ceci apparaît d'autant plus important que les axes d'enregistrement ne sont pas toujours les mêmes dans tous les observatoires, particulièrement dans les régions polaires (X et Y, au lieu de H et D).

Cependant, nous avons considéré ci-dessus un bruit sinusoidal; le bruit qui existe sur les deux composantes horizontales des enregistrements magnétiques ne l'est en aucune manière; il est la résultante de phénomènes divers et complexes, et, en particulier, les extremums n'ont pas lieu en général au même moment sur chaque composante. Par conséquent, comparée à une quantité telle que a_H (ou a_D) choisie pour définir sur une composante l'intensité d'un bruit non sinusoidal, la quantité $\sqrt{a_H^2 + a_D^2}$ représente seulement une limite supérieure, jamais atteinte, de l'intensité du bruit vectoriel des composantes H et D prises ensemble. Son intensité est en fait comprise entre les deux limites représentées par la plus grande des amplitudes a_H ou a_D et l'amplitude $\sqrt{a_H^2 + a_D^2}$.

Finalement, si nous revenons à la représentation donnée plus haut, ni le côté le plus long du rectangle, ni sa diagonale ne sont représentatives du phénomène, mais une quantité intermédiaire pratiquement impossible à déterminer de manière précise.

Il reste important, pour répondre à des objections faites à l'indice K, de montrer quel est l'ordre de grandeur de l'approximation introduite par la seule mesure du côté le plus long du rectangle. Autrement dit, quelle différence y a-t-il entre la mesure du plus grand des a_H ou a_D et celle de $\sqrt{a_H^2 + a_D^2}$?

Nous désignerons par \bar{a} la quantité $\sqrt{a_H^2 + a_D^2}$, a représentant toujours la plus grande des quantités a_H ou a_D .

4.3.1 - Mesure de \bar{a}

La figure 9 permettra de donner une première idée de la différence entre une mesure de l'indice basée sur \bar{a} et une mesure basée sur a . Sur deux axes de coordonnées rectangulaires (soit H et D), les limites successives, en gammas, des différentes classes correspondant à l'une des échelles homothétiques sont indiquées. Considérons un point M ayant pour coordonnées a_H et a_D ; OM est égal à \bar{a} . Par conséquent, pour un tel point M, les indices mesurés sur chaque composante (soit K_H et K_D) sont égaux à 6 et 5; un indice basé sur \bar{a} serait égal à 6; il a , en ce cas, la même valeur que l'indice K lui-même, ici déterminé par a_H (ou K_H).

Il est aisé de définir l'aire à l'intérieur de laquelle une mesure de \bar{a} conduirait à la même valeur pour l'indice K que la mesure de a : elle est celle contenue

Likewise, in the case of a sinusoidal noise with elliptical polarization, the mean energy is proportional to the sum of the squares of the major and minor axes of the ellipse; and this quantity remains invariant whatever the projection axes are on which the phenomenon is recorded. Now, according to the properties of the Monge circle of an ellipse, the diameter of this circle is equal to the diagonal (of constant length) of the rectangle circumscribed about the ellipse. Consequently, whatever the projection axes are, the energy is proportional to the sum of the squares of the total amplitudes a_x and a_y on the projection axes.

In the case of K-index, this appears all the more important as the recording axes are not always the same in all observatories, particularly in the polar regions, where X and Y are frequently used instead of H and D.

However, we have considered above a sinusoidal noise; the noise which exists on the two horizontal components of the magnetic records is not at all so. It is the resultant of various and complex phenomena, and, particularly, the extremes do not occur in general at the same instant on each component. Consequently, if we compare the quantity $\sqrt{a_H^2 + a_D^2}$ with a quantity such as a_H (or a_D) chosen to define on one component the intensity of a non-sinusoidal noise, the former represents only an upper limit, never reached, of the intensity of the vectorial noise of components H and D together. The intensity of such a noise is comprised between the two limits represented by the greater of the amplitudes a_H or a_D and the amplitude $\sqrt{a_H^2 + a_D^2}$.

Finally, if we go back to the representation given above, neither the longer side of the rectangle, nor its diagonal are representative of the phenomenon, but an intermediate quantity practically impossible to define with precision.

It remains important, in order to answer some objections made to the index K, to show what is the order of magnitude of the approximation introduced by the measurement of only the longer side of the rectangle. In other words, what difference is there between the measurement of the greater of a_H or a_D and that of $\sqrt{a_H^2 + a_D^2}$?

In the following, we shall call \bar{a} the quantity $\sqrt{a_H^2 + a_D^2}$, and a the greater of the quantities a_H or a_D .

4.3.1 - Measurement of \bar{a}

Figure 9 will give a first idea of the difference between a measurement of the index based on \bar{a} and a measurement based on a . On two rectangular coordinate axes (namely H and D), the successive limits, in gammas, of the different classes corresponding to one of the proportionate scales are indicated. Consider a point M with coordinates a_H and a_D ; OM is equal to \bar{a} . Consequently, for this point M, the indices measured on each component (we call them K_H and K_D) are equal to 6 and 5; an index based on \bar{a} would be equal to 6; it has, in this case, the same value as the K-index itself, determined here by a_H (or K_H).

It is easy to define the area within which a measurement based on \bar{a} would give the same value for the K index as the measurement based on a : it is that area contained

dans le contour ABCD (dans le cas où $a_H > a_D$). Par contre à l'intérieur du contour CDE, la mesure de \bar{a} donnerait un résultat supérieur d'une unité et d'une unité seulement. Les éléments de cercle EE' et NN' montrent, à l'intérieur de la classe K = 7, les longueurs respectives du plus grand des vecteurs OM possibles pour des K_H et $K_D = 6$ sur chaque composante, ou d'un vecteur OM correspondant au centre du contour CDE.

Le rapport des aires CDE et ABED (égal à 0,34 pour K = 6) décroît vers les indices faibles du fait que le rapport de deux limites successives de l'échelle croît; ce dernier est égal à 2 pour K = 3 (voir tableau I) et le rapport CDE/ABED est alors égal à 0,28. A supposer que les points M soient également répartis dans une zone telle que ABED, il y a donc de moins en moins de cas, vers les faibles indices, pour lesquels la mesure de \bar{a} donnerait un résultat plus grand d'une unité que la mesure de a. En fait, la répartition des points M est-elle uniforme ? Nous l'étudierons d'abord le long d'un axe partant de l'origine, ensuite en fonction de l'orientation de cet axe.

4.3.2 - Répartition des extrémités des vecteurs OM le long d'un axe.

Des mesures d'amplitudes a faites sur les enregistrements de Fort Rae de la Deuxième A. P. I. (8) permettront de donner un ordre de grandeur de la répartition des points M le long d'un axe. En cet observatoire de latitude aurorale, la variation journalière due à l'effet-W est faible devant l'agitation et contamine sans doute très peu la mesure des amplitudes a, plus difficile que la mesure du K; un autre avantage de cette station de haute latitude est que le spectre de fréquences des K (ou des amplitudes) est assez étalé vers les indices élevés.

Sur la figure 9, les barres portées sur l'axe à 45^0 représentent, de K = 3 à K = 7, le milieu de chaque classe, et les flèches représentent la valeur moyenne des amplitudes a mesurées, celles-ci ayant été groupées selon les classes respectives d'amplitudes auxquelles elles appartenaient.

TABLEAU II

K	0	1	2	3	4	5	6	7	8
n	103	236	558	678	484	445	297	96	8
—(x)	5,0	20,0	42,5	87,5	163	283	478	793	1243
→(y)	7,5	20,6	42,6	82,0	149	274	460	732	1120

Le tableau II donne les valeurs correspondantes⁽¹⁾ et le nombre n d'intervalles tri-horaires pour chaque indice ou classe; il donne de plus ces mêmes

(1) Les valeurs correspondant au milieu de chaque classe ont été légèrement modifiées par rapport à celles qui correspondent à l'échelle normale. En effet la sensibilité des enregistrements de Fort Rae était telle que l'observateur a arrondi à 5 gammas les amplitudes mesurées; de là, un certain nombre d'amplitudes a étaient égales à la valeur de l'amplitude frontière entre 2 classes. Ces amplitudes ayant été rangées dans la classe supérieure, on devait retrancher 2,5 gammas aux valeurs normales du milieu de chaque classe.

within the contour ABCD (in the case $a_H > a_D$). On the contrary, within the contour CDE, the \bar{a} -measurement would give a result greater by one unit, and one unit only. The circle elements EE' and NN' show, within the class $K = 7$, the respective lengths of the greatest of the vectors OM possible for K_H and $K_D = 6$ on each component, or of a vector OM corresponding to the centre of contour CDE.

The ratio of the areas CDE and ABED (equal to 0,34 for $K = 6$) decreases towards small indices because the ratio of two successive limits of the scale increases; the latter ratio is equal to 2 for $K = 3$ (cf. Table I) and the ratio CDE/ABED is then equal to 0,28. Supposing that the points M be equally distributed within a zone such as ABED, there are then less and less cases, towards small indices, for which the \bar{a} -measurement would give a result greater by one unit than the a -measurement. In fact, is the distribution of points M uniform? We shall study it first along an axis starting from the origin, next in relation to the axis orientation.

4.3.2. - Distribution of the ends of vectors OM along an axis.

Some measurements of amplitudes a , made on the Fort Rae records of the Second I. P. Y. (8), enable us to give an order of magnitude of the distribution of points M along an axis. In this auroral latitude observatory, the daily variation due to the W-effect is small in comparison with the agitation, and probably contaminates very little the measurements of amplitudes a which are more difficult than the measurements of K ; another advantage of this high-latitude station is that the frequency spectrum of the K 's (or of the amplitudes) is rather spread out towards the high indices.

In figure 9, the bars plotted on the 45° axis represent, from $K = 3$ to $K = 7$, the middle of each class, and the arrows represent the mean value of the measured amplitudes a (the latter have been grouped according to the respective classes to which they belong).

TABLE II

K	0	1	2	3	4	5	6	7	8
n	103	236	558	678	484	445	297	96	8
—(γ)	5,0	20,0	42,5	87,5	163	283	478	793	1243
→(γ)	7,5	20,6	42,6	82,0	149	274	460	732	1120

Table II gives the corresponding values⁽¹⁾ and the number n of three-hour intervals for each index or class; it gives furthermore these same quantities for $K = 0$,

(1) The values corresponding to each midclass have been slightly modified in relation to those which correspond to the normal scale. Indeed, the sensitivity of the Fort Rae records was such that the observer has rounded the measured amplitudes a to 5 gammas; hence, a certain number of amplitudes a were equal to the amplitude value of the border between two classes. Since these amplitudes have been classified in the upper class (in relation to the border), one must subtract 2,5 gammas from the normal values of each midclass.

quantités pour $K = 0, 1, 2$ et 8 non indiquées sur la figure.

Le maximum du spectre de fréquence est sur $K = 3$, mais plus proche de $K = 2$ que de $K = 4$. C'est pourquoi la valeur moyenne des amplitudes a , nettement inférieure à l'amplitude du milieu de la classe pour $K \geq 4$, l'est encore pour $K = 3$ (la répartition des amplitudes a à l'intérieur de la classe $K = 3$ est en effet la suivante: $n = 451$ dans la première moitié, contre $n = 227$ dans la seconde.) Pour les classes $2, 1$ et 0 , la valeur moyenne des amplitudes a est d'abord égale à celle du milieu de la classe, puis lui devient supérieure.

Il est donc possible de conclure que la répartition des points M le long d'un axe est fonction du spectre de fréquence des indices. Pour les indices supérieurs à celui correspondant au maximum du spectre, la valeur moyenne des amplitudes réelles est nettement inférieure à l'amplitude du milieu de la classe; le nombre de points M pour lesquels, à l'intérieur d'une classe donnée, une mesure basée sur \bar{a} correspondrait à un K d'une valeur supérieure d'une unité est inférieur au rapport des aires CED et ABED. C'est l'inverse pour les indices inférieurs à celui correspondant au maximum du spectre.

4.3.3. - Orientation des vecteurs OM.

La répartition des points M - c'est lorsque les vecteurs OM sont proches de 45° que la probabilité, pour les points M , d'être dans l'aire CED est la plus grande - peut être étudiée à partir de mesures d'indices faites séparément sur chaque composante H et D . La figure 10 représente la répartition des extrémités des vecteurs OM pour un échantillon de 4 mois (équinoxe) d'enregistrements de Hartland, soit près de 1000 intervalles tri-horaires. La surface de chaque cercle⁽¹⁾ est proportionnelle au nombre d'intervalles pour lesquels les deux indices K_H et K_D de chaque intervalle avaient une valeur correspondant à l'abscisse et à l'ordonnée du centre du cercle⁽²⁾, et le tableau III donne les pourcentages d'indices $K < 4$ et ≥ 4 pour 3 cas différents: $K_H = K_D$, $K_H > K_D$ et $K_H < K_D$. Ces mêmes valeurs sont données pour deux autres observatoires, Ksara et Tromsø.

TABLEAU III

	K < 4			K ≥ 4		
	$K_H = K_D$	$K_H > K_D$	$K_H < K_D$	$K_H = K_D$	$K_H > K_D$	$K_H < K_D$
Tr	50%	43%	7%	26%	68%	6%
Ha	55%	28%	17%	27%	35%	38%
Ks	61%	33%	6%	33%	55%	12%

(1) La légende de la figure donne les surfaces des cercles de différents types qui correspondent à la même fréquence.

(2) Les points M correspondant à des indices supérieurs à 6 sur au moins l'une des composantes ne sont pas représentés sur cette figure: aucun ne se trouve sur l'axe à 45° .

1, 2 and 8, not plotted on the figure.

The maximum of the frequency spectrum is on $K = 3$, but nearer to $K = 2$ than to $K = 4$. Consequently, the mean value of amplitudes a , distinctly lower than the midclass amplitude for $K \geq 4$, is still lower for $K = 3$ (the distribution of amplitudes a , within the class $K = 3$, is indeed the following: $n = 451$ in the first half, against $n = 227$ in the second half). For the classes 2, 1 and 0, the mean value of amplitudes a is at first equal to the midclass amplitude, then becomes higher.

Therefore, one can conclude that the distribution of points M along an axis varies as the frequency spectrum of indices. For the indices higher than that corresponding to the spectrum maximum, the mean value of true amplitudes a is distinctly lower than the amplitude of the midclass; therefore the number of points M for which, within a given class, an \bar{a} -measurement would correspond to a K -value higher by one unit, is less than the ratio of the areas CED and ABED. It is the opposite for the indices lower than that corresponding to the spectrum maximum.

4.3.3. - Orientation of vectors OM

The distribution of points M - whose probability of being within area CED is larger when the vectors OM are near 45° - can be studied from indices measurements made separately on each component H and D . Figure 10 represents the distribution of the ends of vectors OM for a four-month sample (equinox) of Hartland records, namely about 1000 three-hour intervals. The area of each circle ⁽¹⁾ is proportional to the number of intervals for which the two indices K_H and K_D of each interval have a value corresponding to the abscissa and ordinate of the centre of the circle ⁽²⁾; and Table III gives the percentages of indices $K < 4$ and ≥ 4 for three different cases: $K_H = K_D$, $K_H > K_D$ and $K_H < K_D$. These same values are given for two other observatories, Ksara and Tromsø; they correspond to the same 4 months of records.

TABLE III

	K < 4			K ≥ 4		
	$K_H = K_D$	$K_H > K_D$	$K_H < K_D$	$K_H = K_D$	$K_H > K_D$	$K_H < K_D$
Tr	50%	43%	7%	26%	68%	6%
Ha	55%	28%	17%	27%	35%	38%
Ks	61%	33%	6%	33%	55%	12%

(1) The figure caption indicates the areas of the circles of different type corresponding to the same frequency.

(2) The points M corresponding to indices higher than 6 on at least one of the components are not plotted on this figure; none of them are on the 45° axis.

La figure 10, construite à partir d'indices K_H et K_D pour chaque composante et non à partir des amplitudes a_H et a_D , donne seulement une idée approximative de la répartition des points M. Ainsi, ceux correspondant au cercle $K_H = 4$ et $K_D = 3$ sont répartis dans toute l'aire BFGH; certains d'entre eux appartiennent donc à l'aire CDE dans laquelle une mesure basée sur \bar{a} donnerait un indice supérieur d'une unité.

Considérons d'abord les cas où $K \geq 4$. A Hartland, les 3/4 du nombre total des points M correspondent à des valeurs de K_H différentes de celles de K_D (voir colonnes $K_H \neq K_D$ dans le tableau III), et sont donc dans une aire telle que ABFD ou son symétrique par rapport à l'axe à 45° . Parmi ces points, seuls ceux contenus dans l'aire IFD donneraient une valeur du K supérieure d'une unité dans une mesure basée sur \bar{a} ; le rapport des aires IFD et ABFD étant 0,13 et 0,16 pour $K = 4$ et $K = 6$, seulement 10% ou 12% du nombre total des indices seraient supérieurs d'une unité dans ce type de mesure.

D'autre part le 1/4 du nombre total des points (voir colonne $K_H = K_D$ dans le tableau III) sont dans une aire telle que BEF (ou son symétrique); le rapport des aires CIEF et BEF est 0,87 pour $K = 4$ et 0,88 pour $K = 6$, mais ces rapports ne sont pas significatifs de la répartition des points M qui ont tendance à être plus proches de la limite inférieure que de la limite supérieure; en tenant compte de cette répartition⁽¹⁾, ils deviennent respectivement égaux à 0,56 et 0,73; on peut donc considérer que 14% (pour $K = 4$) ou 18% (pour $K = 6$) du nombre total des indices, pour cette seconde catégorie de points M ($K_H = K_D$), correspondraient à une valeur supérieure d'une unité avec une mesure basée sur \bar{a} . En tenant compte de ce qu'un facteur de correction analogue pourrait être appliqué aux pourcentages obtenus pour la première catégorie ($K_H \neq K_D$), on peut conclure qu'environ le quart des indices seraient supérieurs d'une unité dans ce type de mesure.

Dans le cas où $K < 4$, un raisonnement analogue montre que, le rapport des aires IFD et ABFD devenant égal à 0,09, seulement 4% du nombre total des indices seraient supérieurs d'une unité avec une mesure basée sur \bar{a} dans le cas des $K_H \neq K_D$; et dans la seconde catégorie ($K_H = K_D$), le rapport des aires CIEF et BEF devenant égal à 0,67, 37% du nombre total des indices seraient supérieurs d'une unité. Cette valeur serait ramenée à 30% par la correction relative à la répartition des points M le long d'un axe. Donc, en gros, le 1/3 des indices seraient supérieurs d'une unité si la mesure était basée sur \bar{a} .

Selon le même tableau III, ces ordres de grandeur sont encore valables pour des latitudes correspondant à K_s et Tr . Ces 3 observatoires recouvrent une zone de latitude s'étendant de la zone aurorale (Tr) à la zone tropicale (K_s), Ha représentant la zone intermédiaire.

4.3.4. - Conclusion.

La définition adoptée pour l'indice K (mesure du plus grand des a_H ou a_D)

(1) Nous utilisons ici une "répartition" déduite des valeurs de Fort Rae (Tableau II). Etant donné que le spectre de fréquences des indices de Fort Rae est décalé vers les indices élevés par rapport à celui de Hartland, la correction ainsi appliquée est inférieure à ce qu'elle devrait être.

Figure 10, constructed from indices K_H and K_D for each component, and not from amplitudes a_H and a_D , gives only an approximate idea of the distribution of points M. Thus, those corresponding to the circle $K_H = 4$ and $K_D = 3$ are distributed in the whole area BFGH; some of them belong therefore to the area CDE within which an \bar{a} -measurement would give an index higher by one unit.

Consider first the cases where $K \geq 4$. At Hartland, three fourths of the total number of points M correspond to K_H -values different from K_D -values (see columns $K_H \neq K_D$ in Table III), and therefore are within an area such as ABFD or the symmetrical area with respect to the 45° axis. Among them, only the points M included within the area IFD would give a value of K higher by one unit in \bar{a} -measurement; the ratio of the areas IFD and ABFD is 0.13 and 0.16 for $K = 4$ and $K = 6$; thus 10 and 12% of the total number of indices would be higher by one unit in this type of measurement.

On the other hand, one fourth of the total number of points M (see column $K_H = K_D$ in Table III) are within an area such as BEF or the symmetrical one; the ratio of the areas CIEF and BEF is 0.87 for $K = 0$ and 0.88 for $K = 6$, but these ratios are not representative of the distribution of points M which tend to be closer to the lower limit than to the upper; if we take into account this distribution ⁽¹⁾, the ratios become equal to 0.56 and 0.73 respectively; therefore one can consider that 14% (for $K = 4$) or 18% (for $K = 6$) of the total number of indices, for this second category of points M ($K_H = K_D$), would correspond to a value higher by one unit in a \bar{a} -measurement. If we take into account that the same correction factor can be applied to the percentages obtained for the first category ($K_H \neq K_D$), one can conclude that about one fourth of the indices would be higher by one unit in this type of measurement.

In the cases where $K < 4$, an analogous argument shows that, since the ratio of areas IFD and ABFD becomes equal to 0.09, only 4% of the total number of indices would be higher by one unit in a \bar{a} -measurement for $K_H \neq K_D$; and for the second category $K_H = K_D$, since the ratio of areas CIEF and BEF becomes equal to 0.67, 37% of the total number of indices would be higher by one unit. This value would be reduced to 30% by the correction relative to the distribution of points M along an axis. Therefore, roughly, one third of the indices would be higher by one unit in a \bar{a} -measurement.

According to the same Table III, these orders of magnitude are still valid for latitudes corresponding to K_s and Tr . These two observatories cover a latitude zone extending from the auroral zone (Tr) to the tropical zone (K_s), Ha representing the intermediate zone.

4.3.4. - Conclusion.

The definition adopted for index K (measurement of the greater of a_H or a_D)

(1) We use here a "distribution" taken from the Fort Rae values (Table II). Since the frequency spectrum of the Fort Rae indices is shifted towards high indices with respect to the Hartland indices spectrum, the correction thus applied is lower than it should be.

abaisse donc d'une unité, et d'une unité seulement, à peu près le quart des indices pour $K \geq 4$ et le tiers pour $K < 4$ par rapport à une définition qui retiendrait la mesure de $\bar{a} = \sqrt{a_H^2 + a_D^2}$. L'économie ainsi réalisée est considérable, car une mesure basée sur \bar{a} serait très complexe sinon impossible. La précision reste tout à fait satisfaisante puisque nous avons vu que les quantités \bar{a} et a représentent les limites supérieure et inférieure de l'intensité du bruit non - sinusoïdal que l'on cherche à mesurer.

Cependant, ce bruit présentant parfois une certaine polarisation par rapport à un axe privilégié ⁽¹⁾, il est évident que, lors de comparaisons entre observatoires, il faudrait prendre garde au fait que les axes d'enregistrements peuvent être soit D et H, soit X et Y. A cet égard, les mesures des K_H et K_D (ou K_X et K_Y) apportent des éléments d'information importants.

Il en est de même pour une étude de l'agitation faite pour des observatoires de latitude nettement différente: le tableau III montre nettement les variations importantes qui peuvent exister quant à la polarisation moyenne des variations-K. Bien que cela ne soit pas indispensable pour la mesure de K, beaucoup d'observatoires mesurent séparément les K_H et K_D , mais, dans les années passées, ces données restaient souvent dans les archives sans être publiées. C'est pourquoi une résolution a été adoptée à l'Assemblée de Berkeley, demandant la centralisation de telles données au Service International des Indices Géomagnétiques; notification sera donnée dans les Bulletins 12 de leur existence ⁽²⁾, et la communication pourra en être faite par le Service aux chercheurs désirant les utiliser.

4.4 - LONGUEUR DE L'INTERVALLE DE TEMPS Δt .

L'intervalle de temps Δt choisi pour l'indice K est de 3 heures. Peut-on affirmer que cet intervalle conduit à une mesure significative de l'intensité de l'agitation ou du bruit magnétique (seconde condition énoncée à la fin du § 4.1) ?

La durée des variations dues à l'effet-P varie dans des proportions très larges: quelques minutes pour des variations du genre pulsations, de l'ordre de 1 à 3 heures pour les baies et beaucoup d'autres mouvements difficiles à classer morphologiquement; lors d'orages, quelques mouvements ont une durée encore plus longue mais ceci n'est pas fréquent. La preuve en est que lorsque plusieurs indices K élevés ($K = 7, 8$ ou 9) sont mesurés dans une succession d'intervalles tri-horaires, les variations correspondantes du champ ne sont pas cumulatives, mais celui-ci varie plutôt de manière rapide autour d'une valeur moyenne. Un test simple peut être effectué pour vérifier que l'intervalle de trois heures est sans doute celui qui donne la réponse la plus significative pour une mesure de l'intensité de ce bruit: faire des mesures d'indices K avec différentes valeurs de l'intervalle de temps Δt .

4.4.1 - Signification des données utilisées.

Nous avons effectué des mesures d'indices K pour différentes longueurs de

- (1) L'axe de polarisation peut d'ailleurs varier au cours de la journée.
- (2) Leur publication intégrale dans les Bulletins 12 serait beaucoup trop dispendieuse. Par contre, elle serait tout à fait possible dans les Annuaires des observatoires, ainsi qu'il en est déjà pour certains; l'existence d'une telle publication dans les Annuaires sera mentionnée dans les Bulletins 12 par un symbole spécial dans un tableau récapitulatif.

reduces therefore, by one unit and one unit only, about one fourth of the indices $K \geq 4$ and one third for $K < 4$, when compared to a definition based on $\bar{a} = \sqrt{a_H^2 + a_D^2}$. The economy thus made is considerable, because an \bar{a} -measurement would be very complex if not impossible. The precision remains quite satisfactory since we have seen that the quantities \bar{a} and \bar{a} represent the upper and lower limits of the intensity of the non-sinusoidal noise which one tries to measure.

However, this noise has sometimes a certain polarization with respect to a preferential axis ⁽¹⁾; consequently, it is evident that, in the course of comparisons between observatories, one should be aware of the fact that the recording axes can be either H and D, or X and Y. In this respect, the K_H and K_D (or K_X and K_Y) measurements supply some important elements of information.

The same is true for a study of the agitation made from observatories of very different latitudes: Table III shows the great variations which may exist relative to the mean polarization of K-variations. Although it is not strictly necessary for the K-measurement, many observatories measure separately K_H and K_D . But, in past years, these data often remained in the archives without being published. Consequently a resolution has been adopted at the Berkeley Assembly, asking for the centralisation of such data in the International Service of Geomagnetic Indices; notice of their existence will be given in the Bulletins 12, and the Service will communicate them to workers who wish to use them ⁽²⁾.

4.4 - LENGTH OF THE INTERVAL Δt .

The time interval Δt chosen for K index is three hours. Can it be asserted that this choice leads to a significant measure of the intensity of the magnetic agitation or noise (second condition set forth at the end of § 4.1) ?

The duration of variations due to the P-effect varies in very wide proportions: a few minutes for variations of the pulsation type, about 1 to 3 hours for bays or many other fluctuations difficult to classify morphologically; during storms, some fluctuations have a still longer duration although this is not frequent. As a proof of this: when several high K-indices ($K = 7, 8$ or 9) are measured in a succession of three-hour intervals, the corresponding field variations are not cumulative, but rather the field varies rapidly about a mean value. A simple test can be made to check whether the three-hour interval is the one which gives the most significant response for a measure of the noise intensity: it consists in carrying out measurements of K-indices with different values of the time interval Δt .

4.4.1 - Meaning of the data used.

We have made K-indices measurements for different lengths of the time

- (1) Besides the polarization axis may vary during the day.
- (2) Their complete publication in the Bulletins 12 would be much more expensive. On the contrary, this would be quite possible in the Year-Books of the observatories, as is already the case for some of them; the existence of such a publication in the Year-Books will be mentioned in the Bulletins 12 by a special sign in the recapitulative Table.

l'intervalle Δt , soit: 1 heure (K_1), 2h (K_2), 3h (K_3), 6h (K_6), 12h (K_{12}), 24h (K_{24}), sur des enregistrements de D de Chambon-la-Forêt. Nous avons choisi cette composante parce que la variation-W de celle-ci est très aisée à identifier dans la zone de latitude de cet observatoire; son élimination était donc sûre.

Trois échantillons de 40 jours d'équinoxe ont été choisis pour représenter trois niveaux d'agitation différents: chacun de ces échantillons est constitué de 4 séries de 10 jours consécutifs, lesquelles ont été prises dans des années différentes. Les séries de 10 jours correspondant à une agitation très calme appartiennent toutes à des années de minimum d'activité solaire (nécessité de trouver 10 jours calmes consécutifs); dans les deux autres échantillons, 2 séries appartiennent à des années de début de maximum, et les deux autres à des années de fin de maximum solaire; l'agitation est sans doute plus rapide dans les premières que dans les secondes. Le tableau IV donne les valeurs du A_p moyen de ces différents échantillons avec les écarts à la moyenne.

TABLEAU IV

	(q)	(m)	(d)
A_p	5.5 ± 2.0	18.0 ± 6.9	64.6 ± 36.0

L'écart moyen est beaucoup plus grand pour l'échantillon d; ceci est dû au fait que les périodes de 10 jours, choisies à cause d'orages assez intenses, contenaient aussi des jours peu agités (6 jours sur 40 à $A_p < 25$); nous avons préféré les conserver pour ne pas briser les périodes de 10 jours. Ces échantillons sont représentatifs des extrêmes (q et d) que l'on peut rencontrer aussi bien que de l'agitation moyenne la plus fréquente (m).

Les différents indices $K_1, K_2 \dots$ ainsi mesurés ont été transformés en amplitudes $A_1, A_2 \dots$ à l'aide des poids qui seront donnés en 4, 5 (justification y sera donnée de la validité de cette opération). Nous sommes intéressés ici uniquement par la variation de l'intensité du bruit en fonction de l'intervalle Δt . Aussi le tableau V donne les rapports des amplitudes A_j/A_i (pour les différentes valeurs de i) lorsqu'on passe d'un Δt_i donné aux Δt_j qui en sont des multiples; ils mesurent, en quelque sorte, le facteur d'amplification de la réponse de l'indice dans sa mesure du bruit lorsqu'on passe d'un intervalle Δt à un autre.

Cependant de tels rapports ne sont pas entièrement significatifs. Imaginons, par exemple, 3 intervalles horaires ($i = 1$) appartenant à un intervalle tri-horaire ($j = 3$); il existe un mouvement durant l'un de ces intervalles horaires, les 2 autres sont calmes; si l'on a $K_1 = 2$ pour l'un des intervalles horaires, $K_1 = 0$ pour les 2 autres, on aura cependant $K_3 = 2$ pour l'intervalle tri-horaire. Inversement, si le mouvement est réparti sur les 3 intervalles horaires, on pourrait avoir $K_1 = 1$ dans chacun d'eux, mais $K_3 = 2$ ou 3 dans l'intervalle tri-horaire. Autrement dit, les rapports A_j/A_i devraient être égaux à 1 si la durée des mouvements mesurés est nettement inférieure à la longueur de l'intervalle Δt_i , mais devraient se rapprocher du rapport $\Delta t_j/\Delta t_i$ si cette durée est

interval Δt , namely 1 hour (K_1), 2h (K_2), 3h (K_3), 6h (K_6), 12h (K_{12}), 24h (K_{24}), on D-records of Chambon-la-Forêt. This component was chosen because its W -variation is very easy to identify in the latitude zone of this observatory; therefore its elimination was certain.

Three forty-day equinox samples were chosen to represent three different agitation levels; each of these samples is made up with four series of 10 consecutive days, taken from various years. The ten day series corresponding to a very quiet agitation all belong to years of sunspot minimum (it was necessary to find 10 consecutive quiet days); in the two other samples, two series belong to years of the ascending part of the solar cycle, and the two other series to years of the descending part; the agitation is probably more rapid in the first one than in the second. Table IV gives the mean A_p values of these various samples and their mean deviation.

TABLE IV

	(q)	(m)	(d)
A_p	5.5 ± 2.0	18.0 ± 6.9	64.6 ± 36.0

The mean deviation is much higher for sample d; this is due to the inclusion of a few less disturbed days (6 days out of 40 with $A_p < 25$) in the 10-day series chosen because of severe storms; we have preferred to keep them so as not to break the 10-day series. These samples are representative of the extremes (q and d) which can be encountered, as well as of the most frequent moderate agitation (m).

The different indices $K_1, K_2 \dots$ thus measured have been transformed into amplitudes $A_1, A_2 \dots$ with the weights which will be given in 4.5 (the validity of such a transformation will be given there). Since only the variation of noise intensity as a function of interval Δt concerns us here, Table V gives the ratios of amplitudes A_j/A_i (for the various values i) when we go from a given Δt_i to the successive Δt_j 's which are its multiples; they measure, in some sort, the amplification factor of the index response in the measurement of the noise when one goes from one interval Δt to another.

However, such ratios are not entirely significant. Imagine, for instance, 3 one-hour intervals ($i = 1$) belonging to one three-hour interval ($j = 3$); there exists a fluctuation during one of these one-hour intervals, the other two are quiet; if $K_1 = 2$ is measured for one of them and $K_1 = 0$ for the other two, we will still get $K_3 = 2$ for the three-hour interval. Inversely, if the fluctuation is spread over the 3 one-hour intervals, we might have $K_1 = 1$ for each of them, but $K_3 = 2$ or 3 for the three-hour interval. In other words, the ratios A_j/A_i should be equal to 1 when the duration of the measured fluctuations is distinctly shorter than the length of the time interval Δt_i , but they should approach the ratio $\Delta t_j/\Delta t_i$ when this duration is distinctly

TABLEAU V

i		A_2/A_1	A_3/A_1	A_6/A_1	A_{12}/A_1	A_{24}/A_1	A_1^2/A_1	A_1^3/A_1	A_1^6/A_1	A_1^{12}/A_1	A_1^{24}/A_1
1	q	1.41	1.82	2.54	3.59	5.32	1.23	1.45	1.86	2.54	3.36
	m	1.49	1.96	2.71	3.86	5.12	1.26	1.51	1.96	2.57	3.33
	d	1.51	1.94	2.84	4.00	5.67	1.29	1.52	2.16	2.81	3.74
2		A_6/A_2	A_{12}/A_2	A_{24}/A_2			A_2^6/A_2	A_2^{12}/A_2	A_2^{24}/A_2		
	q	1.81	2.55	3.78			1.52	2.10	2.84		
	m	1.82	2.59	3.44			1.56	2.04	2.64		
3		A_6/A_3	A_{12}/A_3	A_{24}/A_3			A_3^6/A_3	A_3^{12}/A_3	A_3^{24}/A_3		
	q	1.40	1.97	2.92			1.37	1.82	2.54		
	m	1.38	1.97	2.61			1.31	1.70	2.24		
6		A_{12}/A_6	A_{24}/A_6				A_6^{12}/A_6	A_6^{24}/A_6			
	q	1.41	2.08				1.37	1.89			
	m	1.42	1.89				1.28	1.57			
12		A_{24}/A_{12}					A_{12}^{24}/A_{12}				
	q	1.48					1.35				
	m	1.33					1.22				
	d	1.42					1.34				

nettement supérieure à la longueur de l'intervalle Δt_j . Il est un moyen aisé d'apprécier un tel effet; c'est de déterminer un K_i^j en retenant, parmi les indices K_i correspondant à l'intervalle Δt_j sur lequel est mesuré l'indice K_j , celui des K_i qui est le plus grand; les rapports A_i^j/A_1 du tableau V, analogues aux rapports A_j/A_1 , permettent donc d'apprécier de manière grossière, par la différence $A_j/A_1 - A_i^j/A_1$ dans quelle mesure le choix d'un Δt plus long, en donnant des A moyens plus grands, correspond bien à une mesure de mouvements dont la durée est effectivement plus longue.

Enfin la différence de réponse obtenue dans le passage d'un Δt_i à un Δt_j plus long peut être dû au fait suivant: séparer dans le cas du Δt_i deux mouvements qui apparaissent morphologiquement constituer des événements indépendants, mais dans le cas du Δt_j , les réunir en un seul. Si le premier de ces mouvements est entièrement positif, et le second entièrement négatif, la réponse de l'indice à la mesure faite avec le Δt_j correspondra à l'apparence d'un mouvement unique beaucoup plus grand. Il

TABLE V

i	A_2/A_1	A_3/A_1	A_6/A_1	A_{12}/A_1	A_{24}/A_1	A_1^2/A_1	A_1^3/A_1	A_1^6/A_1	A_1^{12}/A_1	A_1^{24}/A_1
q	1.41	1.82	2.54	3.59	5.32	1.23	1.45	1.86	2.54	3.36
1 m	1.49	1.96	2.71	3.86	5.12	1.26	1.51	1.96	2.57	3.33
d	1.51	1.94	2.84	4.00	5.67	1.29	1.52	2.16	2.81	3.74
	A_6/A_2	A_{12}/A_2	A_{24}/A_2			A_2^6/A_2	A_2^{12}/A_2	A_2^{24}/A_2		
q	1.81	2.55	3.78			1.52	2.10	2.84		
2 m	1.82	2.59	3.44			1.56	2.04	2.64		
d	1.88	2.64	3.74			1.50	2.02	2.72		
	A_6/A_3	A_{12}/A_3	A_{24}/A_3			A_3^6/A_3	A_3^{12}/A_3	A_3^{24}/A_3		
q	1.40	1.97	2.92			1.37	1.82	2.54		
3 m	1.38	1.97	2.61			1.31	1.70	2.24		
d	1.46	2.06	2.92			1.34	1.81	2.44		
	A_{12}/A_6	A_{24}/A_6				A_6^{12}/A_6	A_6^{24}/A_6			
q	1.41	2.08				1.37	1.89			
6 m	1.42	1.89				1.28	1.57			
d	1.40	1.99				1.35	1.88			
	A_{24}/A_{12}					A_{12}^{24}/A_{12}				
q	1.48					1.35				
12 m	1.33					1.22				
d	1.42					1.34				

longer than the length of the time interval Δt_j . One can easily estimate the magnitude of this effect by determining an index K_i^j in the following way: we retain that one of the K_i 's which is the greatest among the K_i 's measured within the interval Δt_j corresponding to the index K_j . The ratios A_i^j/A_i of Table V, analogous to the ratios A_j/A_i , permit one then to estimate roughly, through the difference $A_j/A_i - A_i^j/A_i$, to what extent the choice of a longer Δt giving greater mean values of A , corresponds effectively to a measurement of fluctuations whose duration is in fact longer.

Finally, the difference of response obtained in going from a Δt_i to a longer Δt_j may be due to the following fact: in the Δt_i case, we may have two fluctuations which seem to be made of two morphologically independent events, but, in the case of Δt_j , they are fused into a single one. If the first of them is entirely positive, and the second, entirely negative, the index response to the measurement made with Δt_j will be identical with that of a single much larger event. Therefore, one must take into account this

faudra donc tenir compte de cet autre élément dans l'interprétation des résultats; il devient prépondérant lorsque le Δt_j englobe des parties de la journée où les variations-K tendent à être systématiquement de sens opposé.

Résumons ces différentes notations:

- $\Delta t_i, \Delta t_j$: longueur de l'intervalle de temps à l'intérieur duquel l'indice est mesuré,
- K_i, K_j : indices mesurés, pour l'intervalle $\Delta t_i, \Delta t_j$, selon la méthode ordinaire,
- K_i^j : indice déterminé, pour l'intervalle Δt_j , par le plus grand des K_i mesurés (selon la méthode ordinaire) dans chacun des intervalles Δt_i de l'intervalle Δt_j ,
- A_i, A_j, A_i^j : indices K_i, K_j, K_i^j transformés en amplitude,
- A_j/A_i : "facteur d'amplification" de la réponse de l'indice quand on passe d'un intervalle Δt_i à un intervalle Δt_j ,
- $A_j/A_i - A_i^j/A_i$: "facteur d'amplification" correspondant à une mesure de fluctuations dont la durée est plus longue que Δt_i .

4.4.2. - Variation des facteurs d'amplification avec le niveau d'agitation.

La figure 11 montre, pour le seul échantillon m, la variation des rapports d'amplitude ou facteurs d'amplification en fonction de Δt ; les courbes continues correspondent aux A_j/A_i , celles en tirets aux A_i^j/A_i . Un segment de droite dont la pente représente la variation du rapport $\Delta t_j / \Delta t_i$ permet d'apprécier dans chaque cas ce que devraient être les rapports A_j/A_i si la durée des mouvements mesurés par les K_i ou les K_j était infinie. La comparaison, par lignes, des valeurs du tableau V montre que de telles courbes pour les échantillons q et d seraient très proches en forme et en position, ceci malgré la différence très grande des 3 niveaux d'agitation (ils varient de 1 à 10 entre les échantillons q et d: voir tableau IV). On peut donc conclure que le spectre de fréquences de la durée des variations dues à l'effet-P ne varie pas de manière importante en fonction du niveau d'agitation.

Au premier abord, ce résultat apparaît paradoxal. Il peut cependant être illustré par une comparaison d'enregistrements de sensibilité différente. Ainsi la figure 12 donne deux enregistrements de Fredericksburg relatifs au même jour (5/10/60); l'un est celui du magnétophone d'orage, et l'autre celui du magnétophone standard dont les sensibilités sont 5 à 7 fois plus grandes selon les composantes. Le troisième représente l'enregistrement du 28/2/60 pour le magnétophone standard. Son aspect morphologique est proche de celui du 5/10/60 pour le magnétophone d'orage, tandis que les aspects morphologiques des deux premiers enregistrements diffèrent; or les valeurs du A_p pour chacune des périodes de 24 heures reproduites sont respectivement égales à 100 et à 11. Des enregistrements dont la sensibilité varierait comme l'inverse du niveau d'agitation feraient donc apparaître, en quelque sorte, cette invariabilité du spectre des durées des variations dues à l'effet-P.

Ce premier résultat est extrêmement important; car il montre qu'il est sans doute suffisant de chercher à mesurer l'intensité du bruit. Des analyses

other element in the interpretation of the results: it becomes important when the Δt_j includes parts of the day in which the K-variations have a tendency to be systematically of opposite sense.

Let us resume these different notations:

- $\Delta t_i, \Delta t_j$: length of the time interval within which the index is determined,
- K_i, K_j : indices measured, for the time interval $\Delta t_i, \Delta t_j$, by the usual method,
- K_i^j : indices determined, for the time interval Δt_j , by the greatest of the K_i 's measured (by the usual method) within each of the intervals Δt_i of the interval Δt_j ,
- A_i, A_j, A_i^j : indices K_i, K_j, K_i^j transformed into amplitudes,
- A_j/A_i : "amplification factor" of the index response in the measurement of noise when one goes from an interval Δt_i to an interval Δt_j ,
- $A_j/A_i - A_i^j/A_i$: "amplification factor" corresponding to a measurement of fluctuations whose duration is longer than Δt_i .

4.4.2. - Variation of the amplification factors with the level of agitation.

Figure 11 shows, for the single sample m, the variation of amplitude ratios or amplification factors as a function of Δt , the continuous curves correspond to the A_j/A_i , the dashed curves to the A_i^j/A_i . A straight line the slope of which represents the variation of ratio $\Delta t_j / \Delta t_i$ permits one to estimate, in each case, what the ratios A_j/A_i should be if the duration of the fluctuations measured by the K_i 's or the K_j 's were infinite. A comparison of the lines in Table V shows that such curves for the samples q and d would be very similar in form and position, in spite of the very great difference of the three levels of agitation (they vary from 1 to 10 between samples q and d: cf. Table IV). Therefore it can be concluded that the frequency spectrum of the duration of variations due to the P-effect does not vary significantly with the agitation level.

At first sight, this result appears paradoxical. However it may be illustrated by a comparison of records with different sensitivities. Thus Fig. 12 gives two records of Fredericksburg for the same day (5/10/1960); the first is a storm-magnetogram, and the second a standard magnetogram whose sensitivities are 5 to 7 times greater according to the components. The third one represents the standard-magnetogram of the 28/2/1960. Its morphological aspect is near that of the 5/10/1960 storm-magnetogram, while the morphological aspects of the first two magnetograms are different; now the Ap values for each of the 24-hour periods reproduced are respectively equal to 100 and to 11. Records whose sensitivity varied inversely as the agitation level therefore would show, in one way, this invariance of the frequency spectrum of the durations of variations due to the P-effect.

This first result is extremely important; indeed it shows that it is probably sufficient to try to measure the noise intensity. Further analyses would be worth doing

complémentaires mériteraient peut-être d'être faites pour chercher à déterminer avec plus d'exactitude s'il existe cependant une variation du spectre de fréquence de la durée des fluctuations avec le niveau d'agitation. Elle reste, en tout cas, assez faible pour que la réponse à la mesure d'intensité donnée par l'indice K puisse être considérée comme n'étant pas en dépendance de ce niveau d'agitation, et, à ce point de vue, le choix d'un intervalle de temps Δt , qui est le même pour tous les niveaux d'agitation, satisfait à la condition préliminaire énoncée pour la mesure de l'intensité du bruit (cf. p. 15).

4.4.3. - Variation "réelle" du facteur d'amplification d'un Δt_i au Δt_j suivant.

Chacun des groupes de deux courbes de la figure 11 se réfère au A_i pris comme dénominateur des rapports d'amplitude. Il représente l'amplification progressive du A moyen, lorsque le Δt croît à partir de l'origine Δt_i ; l'écart entre la courbe A_j/A_i et la courbe A_i^j/A_i mesure approximativement l'information supplémentaire apportée par le choix d'un Δt plus grand que le Δt_i origine, ou encore la variation "réelle" du facteur d'amplification.

Seul, en effet, cet écart est véritablement significatif, selon la remarque faite ci-dessus (p. 23). En particulier, l'inclinaison de la tangente à l'origine des courbes A_j/A_i , comparée à celle des courbes A_i^j/A_i , permet d'apprécier l'importance de cette variation "réelle" du facteur d'amplification par le passage d'un Δt_i au Δt qui lui fait suite, c'est-à-dire si les durées des fluctuations du bruit sont souvent supérieures à la longueur de l'intervalle Δt_i origine.

TABLEAU VI

Δt_i	1h	2h	3h	6h	12h
$\frac{\alpha - \beta}{\gamma}$	0.29	0.23	0.09	0.11	0.10

Appelons α et β les angles de ces tangentes; les angles $(\alpha - \beta)$ ne sont pas cependant directement comparables d'une origine Δt_i à une autre puisque les rapports $\Delta t_j / \Delta t_i$ (mesurés par l'angle γ) varient rapidement en fonction du Δt_i . C'est pourquoi le tableau VI donne les valeurs du rapport $(\alpha - \beta) / \gamma$ obtenu à partir des courbes de la figure 11 relatives au seul échantillon m (les autres échantillons donneraient un résultat semblable).

Ces rapports sont nettement plus élevés pour $\Delta t_i = 1h$ et $2h$; ils gardent ensuite une valeur approximative constante. Dans le premier cas, ceci signifie que la passage d'un $\Delta t_i = 1h$ à un $\Delta t = 2h$, ou d'un $\Delta t_i = 2h$ à un $\Delta t = 6h$ donne une réponse pour l'intensité du bruit nettement supérieure, laquelle est due à des mouvements de durée supérieure à $1h$ ou $2h$; de tels mouvements ne sont pas en général constitués par des évènements indépendants: les baies en sont des exemples clairs. Dans le second cas, qui correspond au passage d'un $\Delta t_i = 3h$ à un $\Delta t = 6h$, (puis de $6h$ à $12h$, ou de $12h$ à $24h$), les rapports sont faibles et varient peu malgré la grande variation des Δt ; autant qu'il est possible d'en juger en cherchant sur les enregistrements pourquoi un certain nombre de K_j sont supérieurs aux K_i^j (d'ou l'écart entre les courbes A_j/A_i et

to determine with greater precision whether a variation of the frequency spectrum of the duration of fluctuations exists however in relation to the agitation level. This variation remains , in any case, sufficiently small for the response to the intensity measure given by K-index to be considered as independent of the agitation level. And, therefore, the choice of a time interval Δt , which is the same for all levels of agitation, meets the preliminary condition stated for the measure of noise intensity(cf. p. 25).

4.4.3. - "True" variation of the amplification factors from a Δt_i to the following Δt_j .

Each group of two curves in figure 11 refer to the A_i taken as a denominator of amplitude ratios. It represents the gradual amplification of mean A as Δt increases from the origin Δt_i ; the distance between curve A_j/A_i and curve A_i^j/A_i approximately measures the additional information provided by the choice of a Δt greater than the Δt_i taken as origin, or again the "true" variation of the amplification factor.

Indeed, only this distance is really significant, according to the remark made above (p. 23). In particular, the slope of the tangent at the origin of the curves A_j/A_i , compared to that of the curves A_i^j/A_i , permits an estimate of the importance of this "true" variation of the amplification factor as one goes from a Δt_i to the Δt which follows; in other words, it shows whether the durations of noise fluctuations are in many cases longer than the length of the interval Δt_i taken as origin.

TABLE VI

Δt_i	1h	2h	3h	6h	12h
$\frac{\alpha - \beta}{\gamma}$	0.29	0.23	0.09	0.11	0.10

Let us call α and β the inclinations of these tangents; the angles $(\alpha - \beta)$ however are not directly comparable with each other from one origin Δt_i to another Δt_j since the ratios $\Delta t_j / \Delta t_i$ (measured by the angle γ) vary rapidly as a function of the Δt_i taken as origin. Consequently Table VI gives the values of the ratio $(\alpha - \beta) / \gamma$, obtained from the curves of figure 11 relative to the single sample m (the other samples would give a similar result).

These ratios are distinctly higher for $\Delta t_i = 1h$ or $2h$; afterwards they keep an approximately constant value. In the first case, this means that the passage from a $\Delta t_i = 1h$ to a $\Delta t = 2h$, or from a $\Delta t_i = 2h$ to a $\Delta t = 6h$, gives a distinctly higher response for the noise intensity, and this higher response is due to fluctuations of durations longer than 1h or 2h; such fluctuations are not in general made up of independant events (bays are clear instances). In the second case, which corresponds to the passage from a $\Delta t_i = 3h$ to a $\Delta t = 6h$ (then from 6h to 12h, and from 12h to 24h), the ratios are small and vary little in spite of the great variation of Δt ; insofar as it is possible to judge by looking at the records, the reason why a certain number of K_i 's are higher than the K_i^j 's (hence, the distance between the curves A_j/A_i and A_i^j/A_i), is

A_j^j/A_i), ceci correspond au fait que, dans un certain nombre d'intervalles $\Delta t \geq 6h$, des variations-K apparemment indépendantes, parce que séparées par un intervalle calme, sont de sens opposé: l'amplitude a, différence entre maximum et minimum absolu, peut donc être presque doublée lorsqu'on passe d'un Δt au suivant (ceci paraît la principale raison de l'écart important qui existe entre chacune des deux courbes vers les Δt_j élevés pour un Δt_i égal à 1h ou 2h).

Il apparaît donc déjà bien que c'est autour de $\Delta t = 3h$ que la réponse sig-
nificative maximum à l'intensité du bruit est obtenue.

4.4.4. - Variation "réelle" du facteur d'amplification de Δt_i aux Δt_j successifs.

On peut chercher à confirmer ce résultat à partir du groupe de deux courbes relatif à $\Delta t_i = 1h$ qui seul contient des points expérimentaux pour tous les Δt utilisés. Ceci revient à évaluer l'écart E (voir figure 11) des courbes A_j^j/A_i et A_j^j/A_i en fonction de Δt_j . Le tableau VII donne pour les 3 échantillons m, q et d le rapport de ces quantités E aux quantités $(\Delta t_j / \Delta t_i) - 1$; de tels rapports sont les équivalents linéaires des rapports d'angles $(\alpha - \beta) / \gamma$.

TABLEAU VII

Δt_j	2h	3h	6h	12h	24h
q	0.18	0.19	0.14	0.10	0.08
m	0.23	0.22	0.15	0.12	0.08
d	0.22	0.21	0.14	0.11	0.08

Le rapport garde la même valeur lorsqu'on passe de $\Delta t_i = 1h$ à $\Delta t = 2h$ ou de $\Delta t_i = 1h$ à $\Delta t = 3h$, mais décroît très rapidement ensuite. L'écart E étant significatif des durées plus longues que le Δt_i origine (ici $\Delta t = 1h$) il est donc possible de conclure qu'un Δt inférieur à 3h mesurerait mal un certain nombre de variations-K dont la durée est proche de 3 heures.

Le tableau VIII permet peut-être de préciser un ordre de grandeur; il donne d'une part le nombre n d'intervalles utilisés pour chaque échantillon, et d'autre part les pourcentages d'intervalles où K_i est supérieur à K_i^j pour des Δt successifs. C'est de K_3 à K_1^3 et de K_6 à K_2^6 que les pourcentages sont les plus grands (environ 35% pour les échantillons m et d).

TABLEAU VIII

	n	q	m	d
$K_2 > K_1^2$	480	11%	20%	23%
$K_3 > K_1^3$	320	19%	36%	39%
$K_6 > K_3^6$	160	19%	26%	36%
$K_6 > K_3^6$	160	8%	8%	16%
$K_{12} > K_6^{12}$	80	5%	14%	8%
$K_{24} > K_{12}^{24}$	40	10%	10%	10%

that in a certain number of intervals $\Delta t \geq 6h$ some K-variations, apparently independent because they are separated by a quiet interval, are of opposite sense; therefore the amplitude a , the difference between absolute maximum and minimum, can be almost doubled when one goes from one Δt to the following one (and this would be the chief reason for the large distance which exists between each of the two curves towards high Δt_j 's for a $\Delta t_i = 1h$ or $2h$).

Therefore, it is already clear that it is around $\Delta t = 3h$ that the maximum of the significant response to the noise intensity is obtained.

4.4.4. - "True" variation of the amplification factor from Δt_i to the successive Δt_j 's.

The preceding result can be confirmed from the group of curves relative to $\Delta t_i = 1h$, which is the only one having experimental points for all Δt 's used. Thus, we can evaluate the distance E (see figure 11) between the curves A_j/A_i and A_i^j/A_i as a function of Δt_j . Table VII gives, for the 3 samples q, m and d, the ratio of these quantities E to the quantities $(\Delta t_j / \Delta t_i) - 1$; such ratios are the linear equivalents of the angular ratios $(\alpha - \beta) / \gamma$.

TABLE VII

Δt_j	2h	3h	6h	12h	24h
q	0.18	0.19	0.14	0.10	0.08
m	0.23	0.22	0.15	0.12	0.08
d	0.22	0.21	0.14	0.11	0.08

The ratio keeps the same value when one goes from $\Delta t_i = 1h$ to $\Delta t = 2h$ or from $\Delta t_i = 1h$ to $\Delta t = 3h$, but decreases very rapidly afterwards. As E is representative of durations longer than the Δt_i taken as origin (here $\Delta t = 1h$), one can therefore conclude that a Δt lower than $3h$ would give a poor measure of a certain number of K-variations whose duration is near $3h$.

Table VIII will perhaps specify an order of magnitude; it gives the number n of intervals used for each sample, and, on the other hand, the percentages of intervals where K_j is greater than K_i^j for successive Δt 's. It is from K_3 to K_1^3 and from K_6 to K_2^6 that the percentages are the greatest (about 35% for the samples m and d).

TABLE VIII

	n	q	m	d
$K_2 > K_1^2$	480	11%	20%	23%
$K_3 > K_1^3$	320	19%	36%	39%
$K_6 > K_2^6$	160	19%	26%	36%
$K_6 > K_3^6$	160	8%	8%	16%
$K_{12} > K_6^{12}$	80	5%	14%	8%
$K_{24} > K_{12}^{24}$	40	10%	10%	10%

Or les jours ayant un niveau d'agitation équivalent à celui de ces échantillons m et d ne représentent qu'à peine les 2/3 des jours (par exemple, pour les onze années 1946-56 37% des jours appartiendraient à la catégorie q). Compte tenu cependant de ce que environ 20% des intervalles de la catégorie q donnent un $K_3 > K_1^3$ ou $K_6 > K_2^6$ on peut considérer que le passage d'un $\Delta t = 1h$ à un $\Delta t = 3h$ (ou de $\Delta t = 2h$ à $\Delta t = 6h$) apporte une information significative (relativement à l'amplitude totale) seulement pour environ 30% du total des intervalles. La portée de ce résultat sera discutée en 4. 4. 6.

4. 4. 5. - Variation du facteur d'amplification avec la latitude.

Ces conclusions sont basées sur un observatoire de latitude moyenne, encore sensible cependant aux phénomènes de la zone subaurorale. Elles sont évidemment valables pour les zones tropicales, exception faite de l'électrojet équatorial dans la journée. Qu'en est-il par contre pour la zone aurorale, pour l'intérieur de la zone aurorale ou pour les heures de jour de l'électrojet équatorial, où l'agitation semble être beaucoup plus rapide ? A priori, le facteur d'amplification devrait alors être plus faible lorsqu'on passe d'un $\Delta t = 1h$ à un $\Delta t = 3h$; et s'il en est ainsi, il ne serait pas justifié d'utiliser le même Δt pour toutes les latitudes.

Le tableau IX donne les rapports A_3/A_1 pour Chambon-la-Forêt et pour quelques stations polaires: Julianehaab, Godhavn, Thulé (8) et Charcot (9)⁽¹⁾; quant à la latitude, Charcot, dans l'Antarctique, est en gros à la même latitude magnétique que Thulé dans l'Arctique (c'est-à-dire une station de très haute latitude magnétique); Julianehaab est situé sur la zone aurorale, et Godhavn est de latitude intermédiaire entre Julianehaab et Thulé.

TABLEAU IX

q	CF		Ju	Go	Th	Ct
	m	d	(2 ^d)	A. P. I.)	(Avril 57 - Janvier 58)	
1.82	1.96	1.94	1.85	1.95	2.10	1.92

Ces données ne sont pas toutes strictement comparables puisqu'elles ne correspondent pas aux mêmes périodes (voir indications dans le Tableau). Cependant le rapport A_3/A_1 semble ne varier que très peu, et avoir pratiquement la même valeur en ces stations polaires qu'à Chambon-la-Fôret, de latitude moyenne. A première vue, ce résultat est aussi paradoxal que celui obtenu dans le Tableau V (par la comparaison des lignes q, m et d) et discuté en § 4. 4. 2. Il doit en effet en être rapproché et est sans doute susceptible d'une interprétation analogue. La figure 12 montrait que les différences morphologiques apparaissant, en une station donnée, en fonction du niveau de l'agitation, seraient considérablement atténuées si la sensibilité des enregistrements variait comme l'inverse du niveau d'agitation. La figure 13, qui reproduit

(1) Les indices de cette station sont déterminés à partir de la seule composante Z; l'utilisation qui en est faite ici reste justifiée.

Now the days with an agitation level equivalent to that of these samples m and d scarcely represent two thirds of the days (for instance, in the eleven years 1946-56, 37% of days would belong to the category q). Taking however into account that about 20% of the q intervals give a $K_3 > K_1^3$ or $K_6 > K_2^6$, one may consider that the passage from a $\Delta t = 1h$ to a $\Delta t = 3h$ (or from $\Delta t = 2h$ to $\Delta t = 6h$) brings significant information (with regard to the total amplitude) only for about 30% of the total of intervals. The meaning of this result will be discussed in 4.4.6.

4.4.5. - Variation of the amplification factor with latitude.

These conclusions are based on a middle latitude observatory, which however remains sensitive to the phenomena of the sub-auroral zone. They are evidently valid for the tropical zones, except for the equatorial electrojet during daylight. But what about the auroral zone, the interior of the auroral zone or the daylight hours of the equatorial electrojet, where the agitation often seems more rapid? A priori, the amplification factor should then be smaller when one goes, for instance, from $\Delta t = 1h$ to $\Delta t = 3h$; and if so, it would not be justified to use the same Δt at all latitudes.

Table IX gives the ratios A_3/A_1 for Chambon-la-Forêt and for some polar stations: Julianehaab, Godhavn, Thule (8) and Charcot (9)⁽¹⁾: as for the latitude, Charcot, in the Antarctic, is roughly at the same latitude as Thule in the Arctic (namely, a very high latitude); Julianehaab is located on the auroral zone, and Godhavn is intermediate between Julianehaab and Thule.

TABLE IX

q	CF		Ju	Go	Th	Ct
	m	d	(2 ^d)	I. P. Y.	(April 57 -	January 58)
1.82	1.96	1.94	1.85	1.95	2.10	1.92

These data are not all strictly comparable since they do not correspond to the same samples of records (see indications on the Table). However the ratio A_3/A_1 seems to vary only very little and to keep practically the same value in these polar stations as at Chambon-la-Forêt, a station of middle latitude. At first sight, this result is as paradoxical as that obtained in Table V (by the comparison of lines q, m and d) and discussed in 4.4.2; indeed it is capable, in one way, of an analogous interpretation. Fig. 12 showed that the morphological differences which appear, in a given station, in relation to the agitation level, would be greatly lessened if the record sensitivity varied inversely as the agitation level. Fig 13, which reproduces the standard-magnetogram of Tucson and the standard and storm-magnetograms of Sitka for the 9/4/1959,

(1) The indices of this station are determined from the Z-component only. However their use is still justified.

l'enregistrement du magnétographe standard de Tucson et ceux des magnétographes standard et d'orage de Sitka pour le 9/4/59, montre qu'il en serait un peu de même en fonction de la latitude pour les différences morphologiques apparaissant entre les mêmes perturbations (variation des sensibilités en fonction inverse de la latitude croissante, ou mieux de l'amplitude moyenne de l'activité).

Sur D, les sensibilités en gammas sont équivalentes entre Tu et Si pour le magnétographe standard; celle de H à Tu est seulement 2 fois plus grande qu'à Si; pour le magnétographe d'orage, Si a, par rapport à Tu, une sensibilité 4 fois plus faible pour D, et 7 fois plus faible pour H. D'autre part, l'amplitude moyenne de l'activité, telle qu'elle est mesurée par les indices K, est environ 4 fois plus faible à Tu qu'à Si.

L'agitation rapide (oscillations du champ dont la durée est inférieure à 10 min. environ) est sans doute plus forte à Si qu'à Tu, compte tenu du rapport 4/1 des amplitudes moyennes de l'activité, mais elle apparaît encore très nettement à Tu; l'agitation moins rapide (variations dont la durée est de l'ordre d'une heure ou supérieure à une heure), par contre, a une morphologie à peu près semblable dans une comparaison du 1er et du 3ème enregistrement.

Des analyses beaucoup plus fines seraient nécessaires pour déterminer si une vraie variation des rapports tels que A_3/A_1 existe en fonction de la latitude; dans l'avenir, l'indice R devrait le permettre d'une manière beaucoup plus systématique. Cependant, pour le domaine des variations dont la durée est comprise entre 1/2h et 3h, elle est sans doute très faible, et il est possible d'affirmer que la réponse de l'indice K tri-horaire à ce type d'agitation varie peu avec la latitude: des comparaisons entre observatoires sont donc tout à fait valables.

Dans l'exemple de la figure 13, une agitation de très courte période subsiste encore à Tucson. Elle n'apparaît pas de manière aussi marquée en d'autres jours, alors qu'elle peut être importante sur la zone aurorale. A cet égard, il est évident que son analyse précise relève d'un autre indice, dont la résolution dans le temps serait d'ailleurs de l'ordre de celle de l'indice Q ($\Delta t = 1/4h$) plutôt que de celle de l'indice R ($\Delta t = 1h$)⁽¹⁾. L'indice K trihoraire peut cependant être contaminé par ce type d'agitation (par exemple, existence d'une telle agitation sur une petite partie seulement de l'intervalle de 3 heures).

4. 4. 6. - Conclusion

Parmi les 4 choix sur lesquels repose l'indice K (cf. introduction de ce chapitre, p. 14), celui qui concerne la longueur de l'intervalle de temps Δt est à la fois le plus important et le plus difficile. D'une part, il détermine immédiatement le nombre de mesures qui devront être faites (par exemple, 8 par jour avec un $\Delta t = 3h$), et un facteur "économie" doit intervenir à ce point de vue, puisque tout indice ne peut être qu'un "résumé" de "la grande quantité d'informations données par les magnétogrammes originaux". D'autre part, ce Δt détermine de manière essentielle la validité de la mesure

(1) Un inconvénient de la définition actuelle de l'indice Q, à ce point de vue, est cependant qu'il est une mesure à partir de la "courbe normale".

shows that it would be somewhat the same in relation to the latitude for the morphological differences appearing within the same disturbances (variation of sensitivities inversely as the increasing latitude, or better as the mean amplitude of activity).

The D-sensitivities in gammas are equivalent at Tu and Si for the standard magnetograms and the H-sensitivity at Tu is only twice greater than at Si; for the storm-magnetogram, the D-sensitivity at Si is four times lower than at Tu, and the H-sensitivity seven times lower. On the other hand, the mean amplitude of activity, as measured by the K's, is about four times smaller at Tu than at Si.

The rapid agitation (field oscillations whose duration is less than about 10 min.) is probably stronger at Si than at Tu, taking into account the 4/1 ratio of the mean amplitudes of activity, but it still appears very clearly at Tu; the less rapid agitation (variations whose duration is about one hour or more), on the contrary, has a somewhat similar morphology if we compare the first and the third record.

Much finer analyses would be necessary to determine whether a true variation of A_3/A_1 ratios exists as a function of the latitude; in the future, the index R should permit such analyses in a much more systematic way. However, within the domain of variations whose duration is included between 1/2h and 3h, this variation of ratios is probably very small, and one can assert that the response of the three-hourly index K to this type of agitation varies little with latitude; comparisons between observatories are then fully reliable.

In the records of Fig 13, an agitation of very short period still persists at Tucson. It does not appear so well on other days, although it can be important on the auroral zone. In this respect, its analysis evidently depends on another index, whose time-resolution however would be of the order of magnitude of that of the Q-index ($\Delta t = 1/4h$) rather than that of the R-index ($\Delta t = 1h$)⁽¹⁾. The three-hourly K-index may however be contaminated by this type of agitation (for instance, by the existence of such an agitation on a small part only of the three-hour interval).

4.4.6. - Conclusion

Among the four choices on which the K-index rests (cf. introduction of this chapter, p. 14), the one which concerns the length of the time interval Δt is both the most important and the most difficult. On the one hand, it determines immediately the number of measurements which must be made (for instance, eight per day with a $\Delta t = 3h$); and an "economy" factor must enter at this point, since any index can only be an "abstract" of "the great amount of information given by the original magnetograms". On the other hand, this Δt determines basically the reliability of the noise measure,

(1) However, a drawback of the present definition of Q-index, from this point of view, is that it is a measurement from the "normal curve".

du bruit, puisqu'il doit satisfaire à la seconde des conditions énoncées en 4.1 (p.15): et il ne peut le faire cependant qu'au prix d'un compromis puisque les durées des variations sont étalées sur un certain spectre de fréquences.

Il est essentiel sans doute de savoir que le spectre de fréquences varie peu, soit avec le niveau d'agitation (§ 4.4.2) soit avec la latitude (§ 4.4.5), puisque ceci rend possible l'utilisation d'un indice basé sur un Δt ne variant pas en fonction de ces paramètres. Il est important aussi d'être conscient qu'un indice basé sur un Δt de l'ordre de l'heure ne peut analyser l'agitation formée de fluctuations dont la durée est de l'ordre de quelques minutes et que cependant il est certainement un peu contaminé par ce type d'agitation.

Mais pour apprécier si un $\Delta t = 3h$ conduit à une mesure valable du bruit et s'il est le meilleur possible, les conclusions sont les suivantes (§ 4.4.3 et § 4.4.4):

1/ un intervalle de temps nettement plus long que 3h analyserait mal la variation de l'intensité du bruit dans cet intervalle, il amplifierait la réponse de l'indice d'une quantité en gros équivalente à la distance entre les courbes de la fig. 11 correspondant à l'origine $\Delta t_1 = 3h$, et ceci serait dû uniquement au mélange d'évènements indépendants,

2/ un intervalle de temps de 1h séparerait arbitrairement en parties distinctes des variations qui durent environ de 2 à 3 heures et qui se produisent dans environ 30% des intervalles; il mesurerait mal celles-ci, et donc ne serait pas une mesure réelle de l'amplitude totale du bruit,

3/ l'intervalle de 3h est un compromis entre les deux exigences contraires représentées par l'analyse de la variation dans le temps de l'intensité du bruit et la mesure de son amplitude totale, étant donné l'étalement du spectre de fréquences de la durée des variations; ce compromis défavorise apparemment la première par rapport à la seconde puisque l'on peut considérer que, dans 70% des intervalles, une variation dans le temps de l'intensité du bruit peut exister sans qu'elle soit mesurée.

En somme, $\Delta t = 3h$ et $\Delta t = 1h$ apparaissent strictement complémentaires: ils devraient l'un et l'autre être utilisés dans une mesure du bruit magnétique. Un Δt plus long serait sans signification physique; un Δt plus court atteindrait une autre composante du bruit.

Il devient alors nécessaire pour comprendre la raison du choix d'un $\Delta t = 3h$ pour l'indice K plutôt que d'un $\Delta t = 1h$ de rappeler le but d'un indice d'activité magnétique: obtenir, par une mesure quantitative, un "résumé" valable des effets de la radiation corpusculaire P sur tout le globe, et l'obtenir d'une manière telle que, en établissant un équilibre entre la précision requise et l'économie nécessaire, l'indice puisse être une mesure de routine simple et adaptée à toutes les latitudes.

Or, quant à la précision, un $\Delta t = 3h$ et un $\Delta t = 1h$ sont également représentatifs du phénomène. C'est par conséquent essentiellement un point de vue d'économie qui fait pencher la balance du côté du $\Delta t = 3h$ pour l'indice susceptible de devenir une mesure générale de routine⁽¹⁾.

(1) Ceci, avec les restrictions énoncées à la fin de ce chapitre, p. 37 .

since it must satisfy the second of the conditions stated in 4.1 (p.15); and it can do it however only at the expense of a compromise, since the durations of variations are spread out over a certain frequency spectrum.

Certainly, it is essential to be sure that the frequency spectrum varies little either with the agitation level (§ 4.4.2) or with the latitude (§ 4.4.5), since this fact makes it possible to use an index based on a Δt invariant in relation to these parameters. It is also important to be conscious that an index based on a Δt of about one hour cannot analyse the agitation made up with fluctuations whose duration is about a few minutes and that it is however a little contaminated by this type of agitation.

But, in order to estimate whether a $\Delta t = 3h$ leads to a reliable measure of the noise and whether it is the best possible, the conclusions are the following (§ 4.4.3 and § 4.4.4):

1/ a time interval distinctly longer than 3h would wrongly analyse the time-variation of the noise intensity within this interval; it would amplify the response of the index by a quantity roughly equivalent to the distance between the curves of fig. 11 corresponding to the origin $\Delta t_i = 3h$, and this would be due solely to the combination of independent events.

2/ a time interval of 1h would arbitrarily divide into distinct parts variations which last about 2h to 3h and occur in about 30% of the intervals; it would measure these variations wrongly and so would not be a true measure of the total amplitude of the noise,

3/ the time interval of 3h is a compromise between these two opposite demands (the analysis of the time-variation of the noise intensity, and the measure of its total amplitude), given the spread of the frequency spectrum; this compromise is biased against the first demand, since, in about 70% of the intervals, a time-variation of the noise intensity may exist without being measured.

On the whole, $\Delta t = 3h$ and $\Delta t = 1h$ appear strictly complementary: they would both have to be used in a measure of the magnetic noise. A longer Δt would be without physical significance; a shorter Δt would reach another component of the noise.

It then becomes necessary, in order to understand the reason of the choice $\Delta t = 3h$ for K-index rather than the choice $\Delta t = 1h$, to recall the purpose of a magnetic activity index: to obtain, by a quantitative measurement, a reliable "abstract" of the effects of the corpuscular radiation P over the whole globe, and to obtain it in such a way that, by striking a balance between the required precision and the necessary economy, the index may be a routine measurement, simple and adapted to any latitude.

Now, as for the precision, a $\Delta t = 3h$ and a $\Delta t = 1h$ are equally representative of the phenomenon. Consequently, it is essentially economy which tips the scale in favour of $\Delta t = 3h$ for the index convenient as a world-wide routine measurement⁽¹⁾.

(1) This, with the restrictions stated at the end of this chapter, p. 37 .

Ce choix étant ainsi fait, un nouvel argument peut cependant être avancé en faveur du $\Delta t = 3h$ au point de vue de la précision. J. Bartels a fréquemment souligné (voir, par exemple, (1), p. 451-453) le caractère de "persistance-tendency" que présentent maints phénomènes géophysiques, et en particulier l'activité magnétique; par conséquent, à l'intérieur d'un intervalle de 3 heures, l'existence d'une variation importante de l'intensité du bruit (qui serait mieux mesurée avec un $\Delta t = 1h$) est moins probable que celle d'une relative constance de cette intensité. Par contre, le $\Delta t = 3h$ permet d'atteindre avec une précision plus grande l'amplitude totale de l'intensité; il présente donc un avantage réel au point de vue de la mesure exacte du phénomène.

Il peut être utile, étant donné l'importance soulignée précédemment d'indices basés sur un $\Delta t = 1h$ ⁽¹⁾, de préciser brièvement dans quelle mesure une utilisation des indices K trihoraires doit être complétée par celle d'indices tels que l'indice R.

Deux lignes d'études peuvent être envisagées, selon que l'on s'intéresse aux valeurs prises individuellement ou à des moyennes statistiques. Dans le premier cas (études fines de la variation dans le temps de l'intensité du bruit, études de corrélation de l'activité magnétique avec d'autres phénomènes mesurés sur un intervalle de temps inférieur à 3h...), l'indice R est évidemment indispensable en lui-même. Dans le second cas, et ceci même pour des études de la variation journalière moyenne de l'activité⁽²⁾, la quasi-constance de rapports tels que A_3/A_1 permet de considérer que l'analyse globale des données peut être faite avec le seul indice trihoraire; il suffira de tester pour des échantillons limités comment seraient modifiés les résultats par l'emploi de l'indice R.

Cependant, dans les régions polaires, la complexité des phénomènes, et en particulier celle de la variation journalière, nécessite pour les étudier avec exactitude l'emploi de l'indice R; en particulier, les 8 points par jour que donne l'indice K sont insuffisants pour résoudre le problème important de la variation journalière et ses différentes composantes probables. C'est la raison pour laquelle la résolution 5 du IAGA a restreint aux régions polaires l'essai de l'indice R, en tant que mesure de routine effectuée par quelques observatoires. Il resterait à l'initiative des chercheurs d'effectuer eux-mêmes les mesures complémentaires pour d'autres régions.

4. 5. - ECHELLE QUASI-LOGARITHMIQUE.

Le choix d'une progression quasi-logarithmique pour les échelles homothétiques de mesure de l'indice K repose d'abord sur une raison d'économie, à savoir: disposer d'une échelle à 10 degrés seulement. Chaque indice peut ainsi être représenté par un seul chiffre; et, par conséquent, une publication internationale extrêmement condensée de l'information recherchée (la mesure continue de l'activité magnétique) peut être aisément assurée.

L'analyse de l'activité par 10 degrés seulement a donc conduit à la définition

(1) Ceci a été reconnu par l'adoption de la résolution 5 du IAGA à l'Assemblée de Berkeley, concernant les indices R.

(2) Une étude récente (10) montre que l'indice trihoraire permet une définition extrêmement précise (10 minutes environ) de la phase de l'onde journalière.

Once the choice is thus made, a new argument may however be advanced in favour of $\Delta t = 3h$ from the point of view of precision. J. Bartels has frequently emphasized - see, for instance, (1, p. 451-453) - the "persistence-tendency" feature which is presented by many geophysical phenomena, and, particularly, by the magnetic activity; consequently, within a three-hour interval, an important time-variation of the noise intensity (which would be better measured with a $\Delta t = 1h$) is less probable than a relative constancy of this intensity. On the contrary $\Delta t = 3h$ gives a better chance of including the total amplitude of the intensity; it therefore presents a real advantage for the exact measure of the phenomenon.

Because of the importance mentioned above of indices based on a $\Delta t = 1h$ ⁽¹⁾, it may be useful to specify briefly to what extent the use of K-indices must be supplemented by that of other indices such as R.

Two directions of research can be considered, according as one is interested in individual values or in statistical means. In the first case (fine studies of the time-variation of the noise intensity, correlation studies of the magnetic activity with other phenomena measured on a time interval shorter than 3h, . . .) the R-index is evidently indispensable in itself. In the second case, and even for studies of the daily mean variation of activity⁽²⁾, the near-constancy of ratios such as A_3/A_1 suggests that the global analysis of the data can be made with the three-hourly index only. It will be sufficient to test for limited samples how the results would be modified by the use of the R-index.

However, in the polar regions, the complexity of the phenomena necessitates the use of the R-index for their exact study; particularly, the eight points per day given by the K-index are not sufficient for solving the difficult problem of the daily variation with its probable different components. And this is the reason why the resolution 5 of the I. A. G. A. has restricted to the polar regions the tentative scheme of the R-index, as a routine measurement made by some observatories. It would remain at the initiative of the workers to do themselves the complementary measurements for other regions.

4.5. - "QUASI-LOGARITHMIC SCALE"

The choice of a quasi-logarithmic progression for the proportionate scales of measurement of the index K is based first on the ground of economy, namely to use a scale with 10 steps only. Each index can thus be represented by one digit only; and, consequently, an extremely condensed international publication of the required information (a continuous measure of the magnetic agitation) can be easily ensured.

The analysis of activity with 10 steps only has thus led to the definition

-
- (1) This fact has been recognized by the adoption of the resolution 5 of the I. A. G. A. at the Berkeley Assembly, concerning the R-indices
- (2) A recent study [10] shows that the three-hourly index allows a very precise definition of the daily wave phase (about 10 min.).

de l'indice donné au chapitre 2: il repose sur la détermination de l'une des 10 classes d'amplitudes à laquelle appartient l'amplitude réelle a de l'intervalle tri-horaire. De là, résulte une double conséquence dont nous avons vu l'importance aux chapitres 2 et 3: 1/ grande simplification et rapidité des mesures (voir grille de la figure 5), 2/ possibilité de ces mesures malgré la difficulté que pose l'élimination des variations-non-K.

On peut cependant se demander comment un tel choix permet encore d'atteindre le but recherché: une mesure de l'intensité du bruit magnétique ? Deux principes ont guidé le choix de la progression quasi-logarithmique des échelles (1, p. 417):

- 1/ en une station donnée, obtenir une distribution raisonnable des fréquences de K,
- 2/ d'une station à l'autre, obtenir une assimilation des spectres de fréquence, c'est-à-dire faire en sorte que la distribution reste à peu près la même.

C'est en fonction des résultats qui découlent de ces deux principes que nous répondrons aux questions suivantes: 1/ Pourquoi le choix le plus valable pour l'échelle conduit-il nécessairement à une distribution non-gaussienne ? 2/ Comment ce choix apparemment arbitraire permet-il de mesurer avec précision l'intensité du phénomène soit par les indices eux-mêmes, soit par leur transformation en amplitudes ? 3/ Dans quelle mesure l'assimilation des spectres de fréquences peut-elle être obtenue ?

4. 5. 1. - Distribution non-gaussienne des K.

Le fait que l'échelle choisie ne donne pas une distribution gaussienne a parfois été critiqué; ce caractère apparaît d'ailleurs sur le K_p aussi bien que sur les K d'une station donnée, et J. Bartels remarquait récemment (11, p. 3) "la distribution des K_p est, en vérité, tout à fait oblique par rapport à un standard gaussien. Mais ceci n'a pas besoin d'être justifié: personne ne pourrait blâmer l'échelle de Beaufort de force du vent de conduire à une distribution oblique semblable, parce que la rare fréquence des orages intenses est un caractère qui ne serait pas supprimé par une échelle ayant une symétrie non naturelle entre les vents très faibles et les vents très forts."

Cette remarque sera illustrée en montrant à quel type d'échelle conduirait la recherche d'une distribution gaussienne des fréquences de K pour un observatoire donné. Nous utiliserons un échantillon de 12 années d'indices K à Cheltenham, dont nous disposons; son avantage est que la méthode de l' "iron-curve"⁽¹⁾ n'a jamais été pratiquée en cet observatoire, et que les fréquences des indices faibles sont donc représentatives du phénomène réel. Dans cet échantillon, 3 années seulement correspondent à un minimum solaire, mais la moyenne du A_p pour les 12 années est très proche de celle des 30 années 1932 - 1961 (15.5 et 15.2); la population de 36 688 indices ainsi utilisée doit être significative.

(1) C'est le nom donné par J. Bartels (2, § 1.2) à la méthode de mesure de l'indice K qui consiste à éliminer non pas la variation journalière de chaque jour, mais une variation journalière déterminée statistiquement à partir d'un nombre plus ou moins grand de jours calmes. Cette méthode erronée conduit à diminuer dans une proportion très importante le nombre des K = 0, 1 et 2.

of the index given in chapter 2: it is based on the determination of one of the 10 classes of amplitudes to which belongs the true amplitude a of the three-hour interval. This has a double consequence whose importance was emphasized in chapters 2 and 3: 1/ a great simplification and rapidity of measurement (see the gauge of figure 5), 2/ the practicability of these measurements in spite of the difficulty which is caused by the elimination of the non-K-variations.

However, the question can be asked whether such a choice still allows one to obtain the desired result: a measurement of the magnetic noise intensity ? Two principles have directed the choice of the quasi-logarithmic progression of the scales (1, p. 417):

- 1/ at a given station, to obtain a reasonable distribution of K-frequencies,
- 2/ from one station to another, to obtain an assimilation of the frequency spectra, that is, to bring the distributions into approximate agreement.

On the basis of two principles, we investigate the following questions:

- 1/ why does the most valid choice for the scale necessarily lead to a nongaussian distribution ?
- 2/ how does this apparently arbitrary choice permit precise measurement of the intensity of the phenomenon, either by the indices themselves, or by their transformation into amplitudes ?
- 3/ to what extent can the assimilation of frequency spectra be obtained ?

4.5.1. - Non-gaussian distribution of K's.

The fact that the scale chosen does not give a gaussian distribution has sometimes been criticized; this feature appears in fact in K_p as well as in the K's of a given station, and J. Bartels recently remarked (11, p. 3): "the distribution of the K_p 's is, indeed, quite skew. But no apology is needed; nobody would blame the Beaufort scale of wind strength for leading to a similarly skew distribution, because the rare occurrence of intense storms is a feature which should not be suppressed in scaling by forcing an unnatural symmetry on the frequencies of the weakest and strongest winds".

This remark is here illustrated by showing what type of scale the search for a gaussian distribution of K-frequencies in a given observatory would lead to. We use here a twelve-years sample of Cheltenham K's which was at our disposal. Its advantage is that the "iron curve" method⁽¹⁾ has never been used at this observatory, and so, its frequencies of low indices are representative of the true phenomenon. In this sample, three years only correspond to a sunspot minimum; however the mean A_p for the 12 years is very close to that of the 30 years 1932-61 (15.5 and 15.2): the population of 36 688 indices thus used must be significant.

(1) It is the name given by J. Bartels (2, § 1.2) to the method of K-index measurement which consists in eliminating not the daily variation of each day, but a daily variation statistically determined from a more or less extensive number of quiet days. This wrong method leads to a decided lessening of the number of K's with the values 0, 1 and 2.

La courbe A de la figure 14 représente le spectre de fréquence de cet échantillon pour les indices K mesurés avec l'échelle usuelle (soit A). L'écart à une distribution gaussienne est très grand. Les courbes analogues en B, C et D représentent différents essais ⁽¹⁾ pour obtenir une répartition gaussienne (voir tableau X pour les limites successives de ces échelles et pour les pourcentages des fréquences des indices avec l'échelle A).

TABLEAU X

K		0	1	2	3	4
Echelle	A	0-5	5-10	10-20	20-40	40-70
n en % :	Ch	13.0	22.0	25.2	21.6	11.3
"	Si	18.9	22.9	21.3	17.0	9.1
Echelle	B	0-0.3	0.3-0.9	0.9-2.1	2.1-4.5	4.5-9.5
Echelle	C	0-0.4	0.4-1.2	1.2-2.8	2.8-6.0	6.0-12.0
Echelle	D	0-0.4	0.4-1.2	1.2-3.2	3.2-7.0	7.0-16.0
K		5	6	7	8	9
Echelle	A	70-120	120-200	200-330	330-500	> 500 ✓
n en % :	Ch	5.0	1.3	0.3	0.1	0.1
"	Si	5.2	2.8	1.6	0.7	0.3
Echelle	B	9.5-20	20-40	40-80	80-160	> 160 ✓
Echelle	C	12-25	25-50	50-100	100-200	> 200 ✓
Echelle	D	16-36	36-65	65-105	105-170	> 170 ✓

En B et C, l'échelle est strictement logarithmique par rapport aux largeurs successives de chaque classe (celles-ci sont des multiples de 2); le spectre de fréquence présente une dissymétrie inverse par rapport à celle que donne l'échelle classique, mais elle est moins grande. En D, la progression logarithmique de l'échelle a été déformée pour arriver à une distribution gaussienne. Les courbes en tirets en A et D représentent les spectres de fréquences de Sitka pour les mêmes 12 années; le résultat est équivalent.

Il apparaît clairement que les échelles autres que l'échelle A ordinaire permettent d'approcher, particulièrement l'échelle D, une symétrie gaussienne. Mais les mesures seraient impossibles au moins jusqu'à K = 2 inclus (voir tableau X), et la répartition des différentes classes est telle que la majorité des informations serait perdue: indices faibles inutiles, grandes amplitudes mal analysées.

(1) On a supposé que les n indices de chaque classe, mesurés avec l'échelle A, étaient également répartis dans leur classe, d'où la possibilité de répartir ces indices entre les limites des nouvelles classes. Ceci est certainement très proche de la réalité pour les faibles indices, et ce sont ceux (particulièrement K = 0) pour lesquels les changements de limites sont les plus importants; ce le serait beaucoup moins pour les indices ≥ 6 ($\sum n = 653$), mais ceci est sans importance parce qu'ils sont presque tous inclus dans la classe 9 des échelles B, C ou D.

The curve A of figure 14 represents the frequency spectrum of this sample for the K-indices measured with the usual scale (namely A). The deviation from a gaussian distribution is very large. The analogous curves B, C and D represent various endeavours⁽¹⁾ to obtain a gaussian distribution (see Table X for the successive limits of these scales and for the percentages of index frequencies with the scale A).

TABLE X

K		0	1	2	3	4
Scale	A	0-5	5-10	10-20	20-40	40-70
n in % :	Ch	13.0	22.0	25.2	21.6	11.3
"	Si	18.9	22.9	21.3	17.0	9.1
Scale	B	0-0.3	0.3-0.9	0.9-2.1	2.1-4.5	4.5-9.5
Scale	C	0-0.4	0.4-1.2	1.2-2.8	2.8-6.0	6.0-12.0
Scale	D	0-0.4	0.4-1.2	1.2-3.2	3.2-7.0	7.0-16.0

K		5	6	7	8	9
Scale	A	70-120	120-200	200-330	330-500	>500 Y
n in % :	Ch	5.0	1.3	0.3	0.1	0.1
"	Si	5.2	2.8	1.6	0.7	0.3
Scale	B	9.5-20	20-40	40-80	80-160	> 160 X
Scale	C	12-25	25-50	50-100	100-200	> 200 X
Scale	D	16-36	36-65	65-105	105-170	> 170 X

In B and C, the scale is strictly logarithmic with respect to the successive widths of each class (each width is twice the preceding one). The frequency spectrum presents an opposite asymmetry with respect to that given by the normal scale A; however this asymmetry is smaller. In D, the logarithmic progression of the scale has been distorted to fit a gaussian distribution. Finally, the dashed curves in A and D represent the frequency spectra of Sitka for the same sample; it gives a similar result.

Clearly, with the scales other than the usual scale A, particularly scale D, a gaussian symmetry can be approximated. But the measurements would be impossible as far as $K = 2$ at least (see Table X), and the distribution of the various classes is such that the greater part of the information would be lost: the small indices are useless, the large amplitudes are badly analysed.

(1) It was assumed that the n indices of each class, measured with the scale A, were uniformly distributed in their class; hence, it was possible to distribute these n indices between the limits of the new classes. This assumption is certainly very near the truth for the weak indices, with which (especially $K = 0$) changes of limits are particularly important; it would be less true for indices ≥ 6 ($\sum n = 653$), but this is unimportant because these indices are nearly all included within class 9 of scales B, C and D (see Table X).

Par contre, l'échelle A permet une analyse raisonnable de la gamme d'amplitudes qui existe sur les enregistrements (voir tableau X): en gros 2 degrés de l'échelle pour les amplitudes très faibles, 3 degrés pour les amplitudes moyennes plus fréquentes, 5 degrés pour les amplitudes les plus fortes, beaucoup plus rares sans doute mais qu'il est essentiel d'analyser avec un certain détail. Par conséquent, l'économie réalisée grâce à ces seuls 10 degrés, n'empêche pas la validité de l'analyse des amplitudes du bruit.

4. 5. 2. - Utilisation des indices K en eux-mêmes.

L'échelle quasi-logarithmique peut cependant paraître arbitraire et conduire à penser que les K ne seraient, en eux-mêmes, qu'un pur code, et ne peuvent être utilisés sans une transformation préalable en amplitudes. Celle-ci, dont nous parlerons en 4. 5. 3., est essentielle, mais elle n'est pas la seule utilisation possible des indices.

D'une part, des études de corrélation peuvent être faites entre indices K d'observatoires différents à condition que l'assimilation des spectres de fréquence soit réalisée entre ces observatoires. D'autre part, il reste pleinement justifié, ainsi qu'il en est pour le calcul des K_p (12 et 13), de faire des moyennes arithmétiques pour les indices K_s d'observatoires différents et d'un même intervalle tri-horaire. Enfin, ainsi que J. Bartels le souligne en (13) et (14), le problème de la caractérisation d'un intervalle un peu long (jour, mois, année ...) ne peut être résolu par l'emploi d'un seul chiffre; les moyennes arithmétiques de données telles que a_p et A_p , qui représentent des amplitudes en gammas, sont sans doute les meilleures, mais elles ne suffisent pas parce que la distribution des K_p (ou des amplitudes correspondantes) n'est pas gaussienne. Il est nécessaire de considérer également des quantités telles que la médiane ou le mode pour obtenir une idée de l'obliquité de la distribution. Ces quantités peuvent être aisément obtenues à l'aide des spectres de fréquence; de plus, la moyenne arithmétique des K_p après sa transformation en amplitude, donne une valeur approchée de la médiane. Il en est de même pour les K d'un observatoire.

A tous ces égards, l'indice K n'est donc pas seulement un code; il est en lui-même un moyen d'analyse directe des effets de la radiation corpusculaire.

4. 5. 3. - Transformation des indices en amplitude.

Nous avons cherché à définir l'indice K comme devant être la mesure de l'intensité de l'agitation ou du bruit magnétique. L'utilisation de l'échelle quasi-logarithmique, conduisant à des valeurs qui sont des nombres purs, variant de 0 à 10, permet-elle effectivement de retourner à la quantité physique originale: une amplitude en gammas ?

Il a été montré en 4. 3. 2., à partir de données de Fort Rae, que la moyenne des amplitudes a mesurées, appartenant à une classe d'amplitudes correspondant à un indice K, différerait systématiquement de la valeur de l'amplitude du milieu de la classe. Elle est plus grande pour les indices inférieurs au maximum du spectre de fréquence, plus petite pour les indices supérieurs. A cet égard, le Tableau II, par la comparaison de ses deux lignes inférieures, ne donne pas une idée exacte de l'erreur

On the contrary, the usual scale A gives a reasonable analysis of the amplitude range observed on the records (see Table X): roughly 2 scale steps for the very small amplitudes, 3 steps for the most frequent middle amplitudes, 5 steps for the largest amplitudes, much more infrequent but which it is essential to analyse in some detail. In conclusion, the economy realized with these 10 steps only does not impair the reliability of the noise amplitude analysis.

4.5.2. - Use of K-indices in themselves.

The quasi-logarithmic scale may however seem arbitrary and lead to the conclusion that the K's, in themselves, would be a mere code and cannot be used without a previous transformation into amplitudes. This transformation, which will be dealt with in 4.5.3., is essential, but it is not the only possible use of the indices.

On the one hand, correlation studies can be made between K indices of different observatories, provided that the assimilation of frequency spectra is secured between these observatories. On the other hand, it remains fully justified, as in the case of K_p computation (12 and 13), to take arithmetic means of indices K_s of various observatories and of the same three-hour interval. Finally, as J. Bartels emphasizes in (13) and (14), the problem of the characterisation of a time interval of a certain length (day, month, year ...) cannot be resolved by the use of only one number; the arithmetic means of data such as a_p and A_p , which represent amplitudes in gammas, are doubtless the best, but they are not sufficient, because the distribution of K_p 's (or of the corresponding amplitudes) is not a gaussian one. It is necessary also to consider quantities such as the median or the mode to obtain an idea of the skewness. These quantities can be easily obtained from the frequency spectra; furthermore, the arithmetic mean of K_p 's, after its transformation into amplitude, gives a rough approximation to the median. The same holds for the K's of one observatory.

Consequently, in all these respects, the index K is not only a code; it is, in itself, a means of direct analysis of the corpuscular radiation effects.

4.5.3. - Transformation of indices into amplitudes.

The aim fixed for the K-index in 4.1 was to represent a measure of the intensity of the magnetic agitation or noise: how does the use of a quasi logarithmic scale, leading to values which are pure numbers varying from 0 to 10, allow one effectively to return to the original physical quantity: an amplitude in gammas ?

It has been shown in 4.3.2., from Fort Rae data, that the mean value of measured amplitudes a , belonging to a class of amplitudes relative to a given K, was systematically different from the value of the midclass amplitude. It is larger for the indices lower than the maximum of the frequency spectrum, and it is smaller for those that are higher. Consequently, in Table II, the comparison of the lower two lines does not give an exact idea of the error committed when using the midclass amplitude as a

commise en utilisant comme poids de transformation l'amplitude du milieu de la classe. En effet de telles transformations, évidemment valables seulement dans un usage statistique, seront faites ordinairement pour un ensemble d'indices étalés sur un certain spectre de fréquences: de ce fait, lorsqu'on utilise

TABLEAU XI

K	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Poids	1.5	4.5	9	18	33	57	96	160	250	400 γ

Poids pour la transformation en amplitudes des indices K correspondant à une échelle dont la limite inférieure pour K = 9 est de 300 γ .

des poids égaux à l'amplitude du milieu de chaque classe (le tableau XI donne ces poids pour une échelle dont la limite inférieure pour K = 9 est 300 γ), l'erreur commise dans la transformation des indices faibles est compensée par l'erreur commise dans celle des indices élevés.

Le tableau XII permettra d'apprécier la généralité de l'exactitude de cette transformation des indices K en amplitudes. Il donne les rapports des amplitudes réelles a mesurées aux amplitudes obtenues par la transformation des indices à l'aide de ces poids pour les observatoires polaires de Fort Rae et quelques autres.

TABLEAU XII

	Nombres d'indices	Rapport
Fort Rae	2880	0.95
Godhavn H	1440	0.97
" D	"	0.94
" Z	"	0.96
Port Martin	720	1.05
Cap Evans	"	1.03

Les deux premiers observatoires donnent un rapport inférieur à l'unité; ceci est sans doute causé par les indices élevés dont le poids de transformation est un peu trop fort. Aux 2 derniers, par contre, le rapport est supérieur à l'unité; cette différence est peut-être d'ordre expérimental⁽¹⁾, elle peut aussi provenir de la très haute latitude de ces deux observatoires. Quoiqu'il en soit, on peut considérer que de tels poids permettent d'obtenir à peu de chose près (5% dans ces exemples) le même résultat que si les amplitudes a étaient mesurées au lieu des K.

La précision avec laquelle, par l'intermédiaire de l'échelle quasi-logarithmique, ces amplitudes moyennes peuvent être statistiquement obtenues est donc tout à fait satisfaisante, et n'est pas diminuée par l'économie réalisée dans les

(1) Nous avons repris ces résultats d'une publication antérieure (15, p. 18).

TABLE XI

Transformation weights of indices K in amplitudes for a scale
with a lower limit of 300 γ for K = 9

K	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Weights	1.5	4.5	9	18	33	57	96	160	250	400 γ

transformation weight. Indeed, such a transformation, clearly only valid for statistical use, will usually be made for a set of indices spread over a certain frequency spectrum; therefore, when weights equal to the mid-class amplitude are used, the error committed in the transformation of low indices is compensated by that made in the transformation of high indices. Table XI gives these weights for a scale whose lower limit for K = 9 is 300 γ .

In Table XII one can judge the exactness, in general, of such transformations into amplitudes. It gives the ratios of the true measured amplitudes a to the amplitudes obtained by the transformation of indices with the help of these weights, for the polar observatory of Fort Rae and some others.

TABLE XII

	Numbers of indices	Ratio
Fort Rae	2880	0.95
Godhavn H	1440	0.97
" D	"	0.94
" Z	"	0.96
Port Martin	720	1.05
Cape Evans	"	1.03

The first two observatories give a ratio lower than unity; this is probably caused by the high indices, whose transformation weight is a little too large. At the last two observatories, on the contrary, the ratio is higher than unity; such a difference is perhaps of observational origin⁽¹⁾, it can also arise from the very high latitude of these two observatories. However that may be, one can consider that such weights give very nearly the same result (within 5% in these examples) as if the amplitudes a had been measured instead of the K's.

Therefore the precision with which these mean amplitudes can be statistically obtained, through the quasi-logarithmic scale, is quite satisfactory, and is not reduced by the economy gained in the measurements themselves and their publication.

(1) These results are taken from a previous publication (15, p. 18).

mesures elles-mêmes et leur publication. La transformation permet de retourner aisément à la grandeur physique mesurée et d'obtenir, en gammas, la variation de l'intensité de l'agitation magnétique.

4. 5. 4. - Assimilation des spectres de fréquence.

Obtenir une assimilation des spectres de fréquence d'un observatoire à un autre est aisé, à priori, pour les observatoires de même latitude magnétique; une échelle identique la réalise. Une variation homothétique de l'échelle donne également un bon résultat pour la bande de latitudes allant de la zone sub-aurorale à la zone tropicale, exception faite de l'électrojet équatorial.

A cette dernière latitude, étant donné l'amplification très grande de l'activité dans la journée, une assimilation ne serait possible qu'en utilisant une échelle variable au cours des 24h: une telle solution serait évidemment beaucoup trop compliquée et doit être rejetée (1, p. 448). Mais l'indice K permet l'analyse de tels phénomènes par l'utilisation simultanée des K transformés en amplitudes et des spectres de fréquence des K eux-mêmes.

Sur la zone aurorale, et à l'intérieur de celle-ci, on se trouve devant un problème analogue. L'assimilation des spectres de fréquence par une variation homothétique de l'échelle n'y est pas réalisée (1, p. 445 et 9, p. VI) et ne pourrait l'être, pour la zone aurorale, que par des déformations complexes de l'échelle par rapport à l'échelle type homothétique, aussi bien que, pour l'intérieur de la zone aurorale (activité J et activité N: voir (16)), par l'emploi d'échelles variables au cours de la journée.

Par conséquent, l'assimilation des spectres de fréquence n'est possible que dans une certaine zone de latitude. Mais l'utilisation d'échelles homothétiques pour toutes les zones permet d'étudier la variation en latitude du phénomène par la variation (c'est-à-dire par la non-assimilation) des spectres de fréquence.

Dans ces conditions, quel peut être le critère permettant de déterminer la variation homothétique, en latitude, de l'échelle pour les stations situées à l'extérieur de la zone assez étendue où une assimilation est obtenue ? Nous avons dit que ce qui justifiait le choix d'une échelle conduisant à une distribution non-gaussienne était une analyse raisonnable des différentes gammes d'amplitudes tant vers les indices faibles que vers les indices élevés. Dans les régions polaires, l'accent sera mis sur l'analyse raisonnable des indices élevés. Le choix de l'échelle homothétique doit donc être tel que la limite inférieure pour $K = 9$ ne soit pas petite au point d'être dépassée beaucoup plus souvent que dans les régions de latitude moyenne (ainsi on a eu environ $30K=9$ en 12 ans à de tels observatoires; ceci signifie que cette limite inférieure a été très rarement dépassée - 0,1% des intervalles - et que les amplitudes réelles a ne sont donc jamais très supérieures), mais que cette limite inférieure ne soit pas grande au point de n'être jamais atteinte (sinon un des degrés de l'échelle est inutilisé).

A cet égard, le choix fait actuellement pour un certain nombre d'observatoires polaires semble peu satisfaisant: certains ont un nombre trop élevé de $K = 9$, d'autres n'en ont pratiquement pas. La question a été posée à l'Assemblée de Berkeley (6) d'introduire un changement en de tels observatoires pour l'échelles qu'ils

The transformation makes it possible to return easily to the physical quantity being measured, and to obtain the variation of intensity of the magnetic agitation in gammas.

4.5.4. - Assimilation of frequency spectra.

To obtain an assimilation of the frequency spectra from one observatory to another is easy, a priori, for observatories in the same magnetic latitude: an identical scale fulfils this aim. A proportionate variation of the scale also gives a good result for the range of latitudes extending from the sub-auroral zone to the tropical zone, except for the equatorial electrojet.

At this latitude, because of the very large amplification of the activity during daylight, an assimilation would not be possible without using a variable scale in the course of the day: such a solution would be evidently much too complicated and must be rejected (1, p. 448). However the K-index permits the analysis of such phenomena by the simultaneous use of the K's transformed into amplitudes, and of the frequency spectra of the K's themselves.

On the auroral zone, and in the interior of it, an analogous problem arises. The assimilation of frequency spectra is not obtained by a proportionate variation of the scale (1, p. 445 and 9, p. VI), and could only be made, for the auroral zone, by complex distortions of the scale with respect to the proportionate normal scale, and, for the interior of the auroral zone, (activity N and activity J: see (16)), by the use of variable scales in the course of the day.

Consequently, the assimilation of the frequency spectra is possible only in a certain latitude range. But the use of proportionate scales for all zones permits a study of the latitude variation of the phenomenon through the variation (i. e. through the non-assimilation) of the frequency spectra.

In these conditions, what criterion can determine the proportionate variation of the scale with latitude, for the stations located outside the rather extended zone within which an assimilation is obtained ? It has been shown that the choice of a scale leading to a non-gaussian distribution was justified by a reasonable analysis of the various ranges of amplitudes, as much towards low indices as towards high indices. In the polar regions, the stress will be laid on the reasonable analysis of the high indices. Then the choice of the proportionate scale must be such that the lower limit for $K = 9$ is not so small as to be crossed much more frequently than in the regions of mean latitude (thus, at such observatories, the number of $K = 9$ was about 30 in 12 years; this means that this lower limit has been crossed very rarely - in 0.1% of the intervals - and that the true amplitudes are never much larger); but that the lower limit is not so large as never to be crossed (otherwise, one of the scale steps would be useless).

In this respect, the present choice of scales in a certain number of polar observatories seems unsatisfactory: some obtain too many $K = 9$, others have practically none. The question was raised at the Berkeley Assembly (6) to introduce a modification of the scales used by such observatories; the negative decision taken was

utilisaient; la décision négative prise a correspondu au désir de ne pas introduire de discontinuités dans de longues séries déjà existantes.

Ce fait a-t-il cependant une incidence pour l'utilisation des indices K de ces observatoires ? Le tableau XIII, repris d'une publication antérieure (15), apporte un élément de réponse à ce point de vue; il donne les A moyens obtenus à partir de la transformation en amplitudes d'indices K mesurés avec des échelles de limite inférieure différente pour $K = 9$.

TABLEAU XIII

Limite inférieure pour $K = 9$	1000	1500	1800	2000
Cap Evans	36.2	36.3		
Cap Denison	26.1	25.6		
Port Martin	123.0	125.0	125.0	
Godhavn H	137.1			136.6
" D	115.6			117.0
" Z	141.1			143.0

Il est donc clair que multiplier par 2 la limite inférieure pour $K = 9$ n'affecte pas dans un observatoire polaire l'exactitude du calcul des amplitudes moyennes à partir des indices K. En tant que les données d'amplitudes sont les plus importantes, l'inconvénient signalé ci-dessus n'est pas trop grave; il ne permet pas cependant de faire, entre observatoires polaires, des comparaisons de spectres de fréquence telles qu'elles soient toujours significatives.

4.6. - SIGNIFICATION DES MESURES.

Les paragraphes 4.2 à 4.5 ont montré quel équilibre, entre la précision requise et l'économie nécessaire, avait été établi dans la définition de l'indice K par rapport à l'aspect des variations magnétiques que l'on essayait de mesurer, à savoir l'intensité de l'agitation ou du bruit magnétique.

Le résultat est en général satisfaisant:

- 1/ restreindre la mesure aux composantes horizontales se justifie par le fait que la mesure est alors celle des seuls phénomènes situés dans le voisinage du zénith de la station;
- 2/ retenir la plus grande des amplitudes des 2 composantes horizontales donne un résultat qui reste très proche d'une mesure du bruit vectoriel de ces 2 composantes;
- 3/ mesurer l'amplitude totale à l'intérieur d'un intervalle tri-horaire conduit à une mesure des variations d'intensité de l'agitation magnétique qui est physiquement significative sur toute la surface du globe;
- 4/ utiliser une échelle quasi-logarithmique permet de bien analyser les différentes gammes d'amplitude, n'empêche aucunement de revenir avec précision aux amplitudes en gammes et donne la possibilité d'utiliser un second paramètre important, l'indice K lui-même.

Cette mesure n'est pas une mesure du vecteur perturbation en ce sens

due to the desire not to introduce any discontinuities into long existing series of indices.

However, does this fact affect the use of the K's from the observatories? Table XIII, taken from a previous publication (15), brings a partial answer to this question; it gives the mean A's obtained from a transformation into amplitudes of K indices measured with scales whose lower limits for $K = 9$ are different.

TABLE XIII

Lower limit for $K = 9$	1000	1500	1800	2000
Cape Evans	36.2	36.3		
Cape Denison	26.1	25.6		
Port Martin	123.0	125.0	125.0	
Godhavn H	137.1			136.6
" D	115.6			117.0
" Z	141.1			143.0

Clearly, a factor of 2 in the lower limit for $K = 9$ does not affect the exactness of the computation of mean amplitudes from K-indices in a polar observatory. Since the amplitude data are the most important, the drawback mentioned above is not too serious, however it does not permit comparisons of frequency spectra between polar observatories, in the sense that they would be always significant.

4.6. - MEANING OF THE MEASUREMENTS.

Paragraphs 4.2 to 4.5 have shown that balance between the required precision and the necessary economy has been struck in the definition of the index K with respect to the aspect of the magnetic variations which is being measured, namely the intensity of the magnetic agitation or noise.

The result is in general quite satisfactory:

- 1/ restricting the measurement to the horizontal components is justified because the measurement is then only that of phenomenon located near the station zenith;
- 2/ retaining the greater of the amplitudes of the two horizontal components gives a result which remains very close to a measure of the vectorial noise of these two components;
- 3/ measuring the total amplitude within a three-hour interval leads to a measurement of the variations of intensity of the magnetic noise, which is physically significant over the whole globe;
- 4/ using a quasi-logarithmic scale permits a sound analysis of the various amplitude ranges, in no way prevents the accurate computation of the amplitudes in gammas, and gives the possibility of using a second important parameter, the index K itself.

This measurement is not a measurement of the perturbation vector, in the

qu'elle fait abstraction de tout signe positif ou négatif, de toute orientation et de tout niveau de référence; mais elle est une mesure continue du bruit magnétique dont le caractère variable important est la variation d'intensité et non celle de la durée des fluctuations. Les approximations faites dans la mesure de cette intensité sont largement justifiées; elles donnent un résultat homogène pour toutes les latitudes, et par conséquent une description globale valable de ce phénomène.

Sans doute, des analyses plus fines, à l'aide d'autres mesures telles que les indices R, Q, K_H ou K_D et pour des échantillons de période plus ou moins longue, seront souvent nécessaires aux utilisateurs de l'indice K pour tester ou pour interpréter certains des résultats obtenus; dans les régions polaires en particulier, la mesure continue de l'indice R en au moins quelques observatoires est certainement indispensable. Et, dans l'avenir, d'autres indices ou caractères d'activité que l'indice K (ou que l'indice Dst) seront peut-être nécessaires pour décrire la complexité des variations constituant l'activité magnétique. Tel quel, cependant, l'indice K représente l'un des meilleurs outils dont nous disposons, avec l'indice Dst, pour une analyse continue de l'activité magnétique. Il est mieux, sans doute, qu'un "pâle" résumé d'un "certain aspect" des variations magnétiques, car il représente une mesure précise de l'intensité de l'agitation magnétique, bien adaptée à la morphologie du phénomène.

On peut, cependant poser la question de savoir s'il est important que tout observatoire fasse les mesures de l'indice K. J. Bartels, dans son premier article (1, p. 449-450), avait souligné la corrélation très élevée existant entre les K des divers observatoires; en (2, p. 219), il précisait que des mesures de l'indice ne sont pas utiles de ce fait pour tous les observatoires, dans les régions non-polaires ayant un réseau dense de stations. Etant donné l'importance de la variation journalière de l'activité et la répartition actuelle des observatoires, ceci s'applique sans doute uniquement à l'Europe, ou à certaines régions tropicales.

La rapidité des mesures de l'indice K dans les observatoires polaires où la variation journalière est très faible devant l'agitation les rend très aisées et peu onéreuses. Aux latitudes moyennes ou tropicales, elles demandent une connaissance réelle de la variabilité de la variation journalière, dont la Seconde Partie fera l'objet principal. Celle-ci une fois acquise, elles sont également assez rapides et méritent d'être faites. En particulier, dans les régions tropicales, des mesures de l'indice K, telles qu'elles ne soient pas contaminées par la variation journalière, devraient permettre de discriminer, par comparaison avec les indices K des régions sub-aurorales, entre les variations d'origine exosphérique et celles d'origine aurorale.

sense that it takes no account of any positive or negative sign, of any orientation or of any reference level; but it is a continuous measurement of the magnetic noise whose important variable feature is the variation of intensity but not that of the duration of fluctuations. The approximations made in the measurement of this intensity are, in the main, justified; they give a result homogeneous for all latitudes, and consequently a valid global description of this phenomena.

Doubtless, finer analyses, with other measurements such as indices R, Q, K_H or K_D made for samples of a more or less long period, will often be necessary to the users of K-indices for testing or interpreting some of the results obtained; in the polar regions particularly, the running measure of the R-index at least at some observatories is certainly indispensable. And, in the future, indices or characters of activity other than the index K (or the index Dst) may well be necessary to describe the complexity of the variations making up the magnetic activity. As it stands, however, the index K represents one of the best tools at our disposal, together with index Dst, for a continuous analysis of the magnetic activity. And, in this sense, it is doubtless better than a "pale" abstract of a certain "aspect" of magnetic variations, for it represents an accurate measurement of the intensity of magnetic agitation well adapted to the morphology of the phenomenon.

One can however ask the question whether it is important that every observatory make the measurements of K. J. Bartels, in his first paper (1, pp. 449-450), had pointed out the very high correlation which exists between the K's of various observatories; on this account, he specified (2, § 1.9) that measurements of K were not necessary for all observatories in non-polar regions where there is a dense network of stations. Considering the importance of the daily variation of the activity and the present distribution of the observatories, this remark seems valid only for Europe, or for certain tropical regions.

The rapidity of K-index measurements in the polar observatories where the daily variation is very small in relation to the agitation makes the measurements very easy and not at all cumbersome. In mean or tropical latitudes, they require a true knowledge of the daily variation variability, which will be the main subject of the Second Part; once this knowledge is acquired, they are also quite rapid (see § 3.6) and are well worth doing. In particular, in the tropical regions, measurements of the K-index such as are not contaminated by the daily variation, should permit a discrimination by comparison with the K's of the sub-auroral regions, between the effects of direct exospheric origin and those of auroral origin.

DEUXIEME PARTIE

IDENTIFICATION DES VARIATIONS-NON-K

La Deuxième Partie se propose de décrire les variations-non-K en vue de leur identification; elle doit en particulier, et si possible, définir la base objective (demandée par maints observateurs) d'une identification de la "variation journalière S_q de chaque jour", la plus importante des variations-non-K.

Dans un premier chapitre, nous définirons ce que sont les variations-K et les variations-non-K; ce problème, difficile et parfois sujet à controverses, nous conduira à proposer une stricte définition de ce qu'on appelle le " S_q de ce jour", que nous désignerons par le symbole S_R . Dans un second chapitre, nous essayerons d'établir les éléments d'une base objective de l'identification de cette variation S_R . Le troisième chapitre sera consacré à l'énoncé des règles permettant de séparer, sur les enregistrements individuels, la variation S_R et les variations-K. Les deux chapitres suivants donneront d'une part une description globale de la variation S_R , de telle sorte que les observateurs puissent comprendre les causes de sa variabilité jour-à-jour, et d'autre part les caractères particuliers à chaque région de la Terre de cette même variation. Enfin on donnera quelques indications sur l'effet de post-perturbation et l'identification du niveau-zéro.

CHAPITRE 1

DEFINITION DES VARIATIONS-K ET DES VARIATIONS-NON-K.

"Les variations-K sont les variations du champ magnétique terrestre causées par la radiation corpusculaire P; les variations-non-K sont celles causées par la radiation ondulatoire W". La définition classique des variations-K et des variations-non-K repose donc apparemment sur la seule distinction entre effets-P et effets-W⁽¹⁾.

La question se pose de savoir si une telle définition peut être actuellement maintenue. Nous exposerons donc la genèse de cette définition et les difficultés de son interprétation; puis nous établirons une définition reposant uniquement sur la notion d'activité magnétique irrégulière, et nous serons par là-même conduits à définir la principale des variations-non-K, "la variation journalière régulière" S_R . Nous dresserons ensuite le catalogue des variations-non-K.

1. 1- GENESE DE LA DEFINITION CLASSIQUE.

Selon la Résolution de l'Assemblée de Washington, le but de l'indice K est de "caractériser la variation du niveau de l'activité magnétique irrégulière au cours de chaque journée" ((3, p. 550; ou 1, p. 411)).

La notion d'activité magnétique est extrêmement générale; elle peut être décrite, selon un ouvrage classique ((17, p. 194)), dans les termes suivants: "Les enregistrements magnétiques d'un observatoire montrent que, certains jours,

(1) C'est celle que nous avons donnée au début de la Première Partie.

SECOND PART

IDENTIFICATION OF THE NON-K-VARIATIONS

The Second Part is intended to describe the non-K-variations with a view to their identification; in particular, it should provide an objective basis as requested by many observers for the identification of the "daily variation S_q of each day", the most important non-K-variation.

In the first paper, we define what are the K-variations and the non-K-variations; this problem, which is difficult and to some extent controversial, leads us to propose a strict definition of what is called the " S_q of this day"; we denote it by S_R . In the second chapter, we try to establish the elements of an objective basis for the identification of the S_R variation. The third chapter sets forth rules for discriminating, on individual records, between S_R and K-variations. The two following chapters give on the one hand a global description of the variation S_R , so that observers will be able to understand the causes of its day-to-day variability, and on the other hand, the particular features of the variation S_R in each region. Finally, some notes are given on the post-perturbation effect and the identification of the zero-level.

CHAPTER 1

DEFINITION OF K-VARIATIONS AND NON-K-VARIATIONS

"The K-variations are the variations of the terrestrial magnetic field caused by the corpuscular radiation P; the non-K-variations are those caused by the wave radiation W". Consequently, the classical definition⁽¹⁾ of K-variations and non-K-variations apparently rests on the sole distinction between P-effects and W-effects.

One can ask whether such a definition is still valid nowadays. We therefore describe the genesis of this definition and the difficulties of its interpretation; then we establish a definition resting only on the concept of irregular magnetic activity; thus we are led to define the chief non-K-variation, the "regular daily variation" S_R . Finally, we set up the catalogue of the non-K-variations.

1.1 - GENESIS OF THE CLASSICAL DEFINITION

According to the resolution of the Washington Assembly, the aim of the K-index is "to characterize the variation in the degree of irregular magnetic activity throughout each day" ((3, p. 55J, or 1, p. 411)).

The concept of magnetic activity is extremely general, it can be described, according to a classical work, in the following terms ((17, p. 194):

"The continuous magnetic records of any observatory show that on some days all the

(1) This definition is that given at the beginning of the First Part.

les trois éléments présentent des variations douces et régulières, tandis que d'autres jours, les variations sont plus ou moins irrégulières. Les jours de la première catégorie sont dits magnétiquement tranquilles ou calmes; les jours de la seconde catégorie sont appelés magnétiquement actifs ou perturbés. Le niveau d'activité magnétique ou de perturbation varie de jour à jour dans une large proportion, et quelques jours semblent entièrement exempts de perturbation. Mais, excepté dans des périodes d'activité intense, il est évident d'après les magnétogrammes que la perturbation est superposée à une variation journalière régulière".

Les variations transitoires qui constituent l'"activité magnétique" correspondent donc à un état de perturbation du champ; celui-ci est surtout caractérisé par son niveau rapidement variable, ce qui signifie que son occurrence est essentiellement irrégulière. Comparée à l'occurrence régulière, chaque jour, d'une variation journalière, cette propriété apparaît être proprement spécifique de l'activité magnétique.

De plus, les variations appartenant à l'activité magnétique se superposent à cette "variation journalière": une mesure du niveau de l'activité magnétique suppose donc l'élimination préalable de la "variation journalière régulière".

Avant l'Assemblée de Washington, l'indice C (ou C_i) ou l'indice u (ou u_i) étaient pratiquement les seuls à avoir rempli les conditions d'une mesure de l'activité magnétique, parce qu'ils comportaient l'élimination de la "variation journalière régulière". L'inconvénient du premier était d'être seulement une mesure qualitative, et celui du second d'être seulement une mesure quotidienne ou même mensuelle. Aussi, plusieurs essais d'une mesure quantitative de l'activité au cours de chaque journée avaient été faits; en particulier, l'indice $H_o R_H + Z_o R_Z$ de C. Mitchell avait été adopté internationalement à titre provisoire en 1930; mais son défaut apparut rapidement: il n'éliminait pas la "variation journalière régulière". L'indice K, lui, répondait à cette exigence d'une mesure quantitative de la seule activité magnétique au cours de chaque journée.

Pourquoi cependant les variations-K, c'est-à-dire les variations constituant l'activité magnétique, furent-elles alors définies en mettant l'accent sur la qualité de l'agent solaire (la radiation corpusculaire P) qui était supposé être la cause de l'activité magnétique, et non pas sur la seule notion d'"activité" (à savoir un état de perturbation du champ, dont l'occurrence est irrégulière)? Il semble que ce déplacement de perspective ait été motivé par le fait que cette notion ne permettait pas une stricte définition des variations-K à cause de l'ambiguïté des termes "irrégulier" ou "régulier".

En effet ces mots ont un sens double lorsqu'ils qualifient une variation. Ainsi une variation peut être dite "régulière" lorsqu'elle est douce; elle est dite "irrégulière" lorsqu'elle est constituée d'une suite de mouvements plus ou moins brusques; ce premier sens est donc relatif à la morphologie de la variation. Mais le terme "régulier" est également relatif à la répétition dans le temps d'une variation (sens temporel): ainsi une variation est dite "régulière" lorsqu'elle se produit de nouveau et chaque fois à des intervalles fixes dans le temps (chaque jour, par exemple); elle est plus ou moins "régulière" si elle ne se produit pas chaque fois à ces mêmes intervalles; elle est "irrégulière" si elle se produit à des moments quelconques.

Or il est remarquable que, dans la première classification des variations-K et des variations-non-K ((1, p. 412, § 3)), le mot "régulier" ait d'abord été employé

three elements undergo smooth and regular variations, while on other days their changes are more or less irregular. Days of the first kind are said to be magnetically quiet or calm; days of the second kind are called magnetically active or disturbed days. . . The degree of magnetic activity or disturbance varies from day to day over a wide range, and few days seem wholly free from disturbances. But except in periods of extreme activity it is evident from the magnetograms that the disturbance is superposed on a regular daily variation".

The transient variations which make up the "magnetic activity" therefore correspond to a state of perturbation of the field; the degree of magnetic activity rapidly varies from day to day, and this means its occurrence is essentially irregular. When this property is compared with the regular occurrence, each day, of a daily variation, it appears to be specific for the magnetic activity.

Furthermore, as the variations belonging to the magnetic activity are superposed on this "daily variation", a measure of the level of magnetic activity implies the prior elimination of the "regular daily variation".

Before the Washington Assembly, the index C (or C_1) or the index u (or u_1) were practically the only indices that fulfilled the conditions of a magnetic activity measure, because they involved the elimination of the "regular daily variation". The drawback of the first one was that it was only a qualitative measure, and the drawback of the second that it was only a daily (or monthly) measure. Also, several attempts to define a quantitative measure of the activity throughout each day had been made: particularly, the index $H_o R_H + Z_o R_Z$ of C. Mitchel. This had been internationally adopted (provisionally) in 1930; but its defects soon appeared: it did not eliminate the "regular daily variation". The K index, on the contrary, fulfilled this demand for a quantitative measure of the magnetic activity alone throughout each day.

Why then were the K-variations (that is to say, the variations which make up the magnetic activity) defined by stressing the solar agent (the corpuscular radiation P) which was assumed to be the cause of magnetic activity, and not by stressing the unique concept of "activity" (namely, a state of perturbation of the field, whose occurrence is irregular)? It seems that this shift of perspective was motivated by the fact that this latter concept did not permit a strict definition of the K-variations because of the ambiguity of the terms "irregular" or "regular".

Indeed, these terms have a double meaning in this connection. Thus a variation may be called "regular" when it is smooth and "irregular" when it is made up of a succession of more or less rapid fluctuations; the first sense (geometrical sense) is therefore relative to the morphology of the variation. But the term "regular" may also refer to the repetition in time of the variation (temporal sense): thus, a variation is said to be "regular" when it constantly recurs at fixed intervals in time (each day, for instance); it is more or less "regular" if it does not occur always at these same intervals; it is "irregular" if it occurs at unrelated moments.

Now, it is noteworthy that, in the first classification of K-variations and non-K-variations (11, p. 412, § 3), the word "regular" was first used to distinguish between non-K-variations and K-variations; but it was used again to qualify one of the

pour distinguer les variations-non-K des variations-K, alors qu'il est de nouveau employé. quelques lignes après, pour qualifier l'une des variations-K ("les fluctuations régulières durant des perturbations"). Effectivement, la "variation journalière" qui apparaît sur les enregistrements est formée de la superposition de deux composantes, la variation Sq et la variation SD⁽¹⁾. La première, "vue en sa pure forme les jours calmes ((17, p. 194)). présente elle-même une certaine irrégularité (sens temporel) par suite de sa variabilité jour-à-jour. bien qu'elle semble être strictement régulière aux deux sens du terme (à cause de sa morphologie et parce qu'elle apparaît chaque jour). La seconde ne présente certainement pas la même régularité⁽²⁾; mais son aspect morphologique (les "fluctuations régulières" mentionnées ci-dessus) aussi bien que sa dépendance du temps local semblent permettre, à certains égards, de la qualifier de "régulière" en l'un et l'autre sens du terme; ainsi la variation-SD fait partie apparemment de la "variation journalière régulière" mentionnée dans la description, précédemment citée, de l'activité magnétique.

On comprend donc que la notion d'activité magnétique irrégulière ne semblait pas suffire à établir une définition des variations-K. Mais, d'une part, l'origine de la "variation journalière régulière" Sq semblait pouvoir être attribuée aux seuls effets de la radiation-W; d'autre part, la quasi-totalité des variations constituant l'activité magnétique, y compris la variation SD, semblait pouvoir être attribuée aux seuls effets de la radiation-P. Il devenait donc possible de définir variations-non-K et variations-K par la seule distinction entre effets-W et effets-P.

Il semble qu'actuellement une telle définition ne tienne plus devant certains faits expérimentaux. L'existence, dans les régions polaires, d'une "variation journalière régulière" (au sens temporel strict), dont l'amplitude est très grande et dont l'effet se fait sentir jusqu'aux latitudes moyennes⁽³⁾, ne peut être attribuée avec certitude aux effets de la seule radiation-W. D'autre part, les théories actuelles concernant l'origine des perturbations magnétiques évoluent sans cesse, et il semble préférable de faire reposer la définition d'une mesure expérimentale sur les données d'observation en introduisant aussi peu que possible de données théoriques.

La notion d'activité magnétique est une donnée d'observation. Or il est possible d'établir une définition des variations-K à partir de cette seule notion d'activité magnétique, considérée comme une variation "irrégulière" (au sens temporel) du champ magnétique. Ceci suppose cependant que nous puissions également définir et identifier sur les enregistrements les variations "régulières" (au sens temporel), et ainsi estimer toute éventuelle perturbation de celles-ci. Nous donnerons d'abord cette définition.

1. 2 - DEFINITION DE LA "VARIATION JOURNALIERE REGULIERE" S_R

La variation Sq de chaque mois est ordinairement définie par la variation

- (1) Chacune d'elles n'est d'ailleurs définie, au premier abord, que par un procédé statistique, reposant sur le choix des 5 jours calmes (q) et des 5 jours perturbés (d) internationaux.
- (2) Le simple fait que la différence Sd-Sq ne soit pas nulle en est la preuve. Mais la différence Sa-Sq (où Sa représente la variation journalière de tous les jours) n'est pas nulle non plus; et, parce que le choix des jours calmes n'implique pas une absence complète d'activité, on ne peut affirmer que le SD est entièrement absent les jours calmes.
- (3) Nous décrirons ce phénomène au chapitre 4.

K-variations ("the regular fluctuations during disturbance"). Actually, the "regular daily variation" which appears on the records is a combination of two components, the Sq variation and the SD variation⁽¹⁾. The former, "seen in its pure form on quiet days ((17, p. 194))", itself presents a certain irregularity (temporal sense) through its day-to-day variability, although it seems strictly regular in the geometrical sense (because of its morphology) and in the temporal sense (because it occurs each day). The SD variation certainly does not present the same regularity⁽²⁾; but its morphological aspect (the "regular fluctuations" mentioned above) as well as its dependence on local time seems to allow it, in some respects, to be called "regular" in both geometrical and temporal sense; thus the SD variation is apparently a part of the "regular daily variation" mentioned in the description quoted above of the magnetic activity.

Therefore one understands that the general concept of irregular magnetic activity did not seem sufficient to establish a definition of the K-variations. But, on the one hand, one could assert that the origin of the "regular daily variation" Sq was due to the sole effect of the W-radiation; on the other hand, practically all the variations making up the magnetic activity (including the SD variation) were assumed to be caused solely by the P-radiation. Thus, it became possible to define the non-K-variations by using solely the distinction between W-effects and P-effects.

It seems that nowadays such a definition does not fit the experimental facts. The existence, in the polar regions, of a "regular daily variation" (in the strict temporal sense), whose amplitude is very large and whose effect is felt down to middle latitudes⁽³⁾ cannot be attributed with certainty to the W-radiation only. On the other hand, present theories of the origin of magnetic perturbations are in constant evolution and it seems better to base the definition of an experimental measurement on the observational data, introducing as few controversial theoretical presumptions as possible.

The concept of activity is based on an observed fact. It is possible to establish a definition of the K-variations based solely on the concept of magnetic activity regarded as a temporally "irregular" variation of the magnetic field. However this presupposes that we can equally define and recognize the temporally "regular" variations in the records, and so estimate any existing perturbation of them. We first give this definition.

1.2 - DEFINITION OF THE "REGULAR DAILY VARIATION" S_R

The Sq variation in any calendar month is usually taken to be specified by the change shown by the sequence of mean hourly values, in local solar time, for the five international quiet days of that month. This Sq variation is defined clearly from a

- (1) Each of them is defined, to begin with, only by a statistical process, resting on the choice of the 5 international quiet (q) and 5 disturbed (d) days.
- (2) As a proof, the difference $S_d - S_q$ exists. But the difference $S_a - S_q$ (where S_a means the daily variation of all days) does not vanish; and, because the choice of the quiet days does not imply a complete absence of activity, one cannot assert that the SD is absolutely absent on quiet days.
- (3) We shall describe this phenomenon in chapter 4.

représentée par la série des valeurs horaires moyennes, en temps local solaire, pour les cinq jours calmes internationaux de ce mois. Cette variation Sq est donc parfaitement définie d'un point de vue statistique. Cependant, la grandeur utilisée (valeur horaire) inclut toutes les variations transitoires du champ magnétique; elle ne permet pas de conclure que le résultat obtenu est spécifique d'un phénomène déterminé. L'existence de la variation statistique Sq prouve seulement que certains phénomènes se produisent plus ou moins régulièrement (sens temporel) chaque jour, et causent des variations qui ont un sens privilégié en fonction des heures locales. L'examen des enregistrements individuels permet cependant d'affirmer que cette variation statistique correspond à l'existence d'une "variation continue" d'allure régulière (sens morphologique), qui dure une partie plus ou moins longue des 24 heures de la journée et qui semble apparaître "régulièrement" (sens temporel) chaque jour. Elle est parfois complètement masquée par des variations "irrégulières" (aux deux sens); mais il est remarquable que, spécialement dans les régions tropicales où ces variations irrégulières sont très faibles sur la déclinaison, elle reste pratiquement toujours visible sur cette composante.

Cette "variation continue" qui apparaît chaque jour présente manifestement (même les jours calmes) une variabilité jour-à-jour en forme et en amplitude. Or, à première vue, rien ne permet de savoir si les écarts plus ou moins grands, à la variation statistique Sq, de cette "variation continue" d'un jour donné appartiennent ou non au même phénomène. Et, en fait, dans le passé certains ont considéré la projection du Sq statistique sur l'enregistrement comme étant le "Sq de ce jour", tandis que, pour d'autres, la "variation continue" observée était ce "Sq du jour". Cependant, dans ce second cas, aucun critère n'était apparemment donné pour séparer cette "variation continue" d'allure régulière (au sens morphologique) d'autres variations régulières (au même sens morphologique) qui peuvent lui être superposées et correspondre à des phénomènes différents. De toute façon, la variation statistique Sq en elle-même n'est certainement d'aucune utilité pour une telle opération.

Il est admis actuellement que la variation statistique Sq est causée par des systèmes de courants électriques circulant principalement dans la couche E de l'ionosphère. Ces systèmes de courants existent en permanence, quelle que soit la variabilité jour-à-jour de leur déplacement en latitude, de leur forme et de la fluctuation de l'intensité de leurs courants autour d'une valeur moyenne. Leur existence permanente, jointe au fait qu'ils restent dans une position approximativement fixe par rapport au Soleil, provoque l'occurrence absolument régulière chaque jour, en un lieu donné, d'une variation transitoire ressemblant à la variation journalière statistique Sq; d'une longitude à l'autre, cette variation apparaît synchrone en temps local sur les enregistrements.

D'autre part, la "variation journalière régulière" des régions polaires (mentionnée ci-dessus, p. 40), parce qu'elle étend ses effets à l'extérieur de la zone aurorale dans une bande de latitudes étendue, peut être considérée comme correspondant à un système de courants circulant dans l'ionosphère (à une altitude qui d'ailleurs n'est pas nécessairement celle de la couche E). Et ce système existe également en permanence.

Les effets de l'existence permanente de ces systèmes de courants peuvent être considérés, à juste titre, comme correspondant aux variations régulières (au sens temporel) observées sur les enregistrements; nous définirons donc la "variation

statistical point of view. However, the quantities used (hourly values) include all transient variations of the magnetic field; thus the result obtained cannot be said to be characteristic of a single phenomenon. Nevertheless, the existence of the mean Sq variation proves that certain phenomena occur more or less regularly (in the temporal sense) each day, and cause variations which have a preferential sense in relation to local hours; moreover, a survey of the magnetograms allows one to assert that this mean Sq corresponds to the existence of a "continuous variation" regular in the geometrical sense, which extends over a more or less large part of the 24 hours of the day and which seems to occur "regularly" (in the temporal sense) each day. Sometimes this variation is entirely masked by some variations that are irregular in both senses; but it is noteworthy that, especially in tropical regions where these irregular variations are fairly small in declination, it remains practically always visible in this component.

This "continuous variation", which occurs each day, clearly shows a day-to-day variability in form and amplitude (even on quiet days). Now, at first sight, it cannot be known whether or not the more or less large departure of this "continuous variation" on a given day from the mean Sq variation, belongs to the same phenomenon. And in fact, in the past, some have regarded the superposition of a mean Sq curve on the magnetograms as being the "Sq for the day", while others have regarded the observed "continuous variation" as being this "Sq for the day". However, in this second case, no accurate criterion was apparently given for separating this "continuous variation" regular in the geometrical sense from other variations regular in the same sense and corresponding to different phenomena. In any case, the mean Sq variation itself is certainly of no use for such a separation.

It is nowadays agreed that the mean Sq variation is caused by some electrical current-system flowing chiefly in the E layer of the ionosphere. This current-system permanently exists, whatever be the day-to-day variability of its latitude shift, its shape or its fluctuation in current intensity about a mean value. Its permanent existence, together with the fact of its approximately fixed position in relation to the Sun, gives rise to the strictly regular occurrence each day, in a given place, of a transient variation looking like the mean Sq variation; and, from one longitude to another, this variation appears synchronous in local time on records.

On the other hand, the "regular daily variation" of the polar regions (mentioned above, p. 40), which extends beyond the auroral zone over a very large band of latitude, may be found to correspond to a current system flowing in the ionosphere (at an altitude not necessarily that of the E layer). And this system also permanently exists.

The effects of the permanent existence of these currents can be rightly regarded as being the temporally regular variations observed in the records; we therefore define the "regular daily variation" at each observatory as being the variation

journalière régulière" à chaque observatoire comme étant la variation causée en un jour quelconque par des sources de champ existant en permanence, telles que les systèmes de courants ionosphériques. Nous la désignerons par le symbole S_R ⁽¹⁾.

On ne doit pas perdre de vue que l'expression "en permanence" se rapporte ici uniquement à l'existence des sources de champ. Par exemple, au cours de chaque rotation de la Terre, les systèmes de courants ionosphériques peuvent changer de forme, varier en intensité ou se déplacer en latitude; et, de fait, les variations jour-à-jour de l'un ou l'autre de ces paramètres causent la variabilité jour-à-jour de la variation S_R elle-même.

La variation S_R est donc, comme les autres variations transitoires du champ magnétique, un phénomène irrégulièrement (au sens temporel) variable. Mais cette variabilité, parce qu'elle est formée seulement de fluctuations autour d'une valeur moyenne, ne masque pas la propriété spécifique du phénomène: son occurrence régulière, chaque jour, qui est causée par l'existence permanente de systèmes de courants restant dans une position approximativement fixe par rapport au Soleil.

Ces systèmes de courants circulant dans l'ionosphère sont-ils les seuls phénomènes permanents susceptibles de causer une variation d'occurrence régulière ? Sans doute, G.D. Mead ((18)) a montré, par des calculs théoriques, que des systèmes de courants permanents pouvaient exister sur la frontière de la magnétosphère; leurs effets à la surface de la Terre seraient capables de causer une variation journalière analogue à la variation journalière statistique S_q , mais son amplitude totale ne serait que de 2 à 3 gammas. La réalité physique d'un tel phénomène pourra probablement être vérifiée dans une région proche de la frontière de la magnétosphère, ou du moins assez éloignée des courants circulant dans la couche E; elle semble extrêmement difficile à vérifier à la surface de la Terre, à cause de l'amplitude totale très faible des effets causés. Mais il est évident qu'une telle "variation journalière régulière", si elle existe, appartient aussi en propre à la variation S_R .

Quoiqu'il en soit, il semble bien que nos connaissances actuelles sur les phénomènes provoquant des variations transitoires du champ magnétique permettent d'affirmer que les systèmes de courants circulant dans l'ionosphère (et évidemment les courants induits par ces systèmes) sont les seuls phénomènes importants dont l'existence est permanente. La définition de la "variation journalière régulière" S_R , à partir de ces phénomènes, repose donc sur une propriété spécifique de cette variation: son occurrence "régulière". Et cette propriété suffit, en principe, à la distinguer de toutes les variations transitoires constituant l'activité magnétique, qui possèdent la propriété contraire: une occurrence irrégulière.

(1) Ce symbole doit être pris en un sens strict; ainsi la lettre S fait référence à une variation qui apparaît en temps solaire. Par conséquent, la variation lunaire L n'appartient pas au S_R bien qu'elle soit, elle aussi, une variation régulière causée par des sources de champ existant en permanence.

caused on any particular day by permanently existing field sources, such as ionospheric current systems. We denote it by $S_R^{(1)}$.

One must keep in mind that the word "permanently" in this definition refers only to the existence of the field sources. For example, throughout each rotation of the Earth, the form, the intensity or the latitude position of the ionospheric current systems may change. Indeed, the day-to-day variations of any of these parameters cause the day-to-day of the variation S_R itself.

Therefore, the S_R variation, like the other transient variations of the magnetic field, is a variable phenomenon irregular in the temporal sense. But because its variability is made up only of fluctuations about a mean value, it does not blur the specific property of the phenomenon: its regular occurrence, each day, caused by the permanent existence of current-systems staying in an approximately fixed position to the Sun.

Are these current-systems flowing in the ionosphere the only permanent phenomena capable of bringing about a variation of regular occurrence ? G. D. Mead ((18)) has pointed out, on the basis of theoretical computations, that some permanent current-system may exist on the boundary of the magnetosphere; its effect at ground level could cause a daily variation analogous to the mean Sq variation. However its total range would be only about two to three gammas. The physical reality of such a phenomenon can be checked, in the future, in a region near the magnetosphere boundary, or, at least, sufficiently remote from the currents flowing in the E layer; this phenomenon seems quite difficult to detect, at ground level, because it is so small. But it is evident that, if such a "regular daily variation" exists, it belongs properly to the S_R variation.

However that may be, it really seems that our present knowledge of the phenomena bringing about transient variations of the magnetic field permits one to assert that the current-systems flowing in the ionosphere (and, evidently, the earth-currents induced by them) are the only important phenomena whose existence is permanent. The definition of the "regular daily variation" S_R arising from these phenomena rests therefore on a specific property of this variation: its occurrence is "regular" in the temporal sense. And this property is enough, in principle, to distinguish it from all transient variations making up the magnetic activity, which are of irregular occurrence.

(1) This symbol must be taken in a restricted sense; thus, the letter S refers to a variation which occurs in solar time. Therefore, the lunar variation L does not belong to S_R although it also is a regular variation produced by permanently existing field sources.

Cette propriété suffit-elle également à séparer pratiquement sur les enregistrements individuels la variation S_R parmi toutes les variations transitoires constituant l'activité magnétique ? Le chapitre 3 traitera en détail de ce problème, du point de vue de l'observateur disposant des seuls enregistrements de son observatoire. Mentionnons seulement ici le problème de la variation SD dont nous avons vu qu'elle pourrait, apparemment, être considérée comme une composante de la "variation journalière régulière", définie du seul point de vue statistique.

Or, la variation SD est sans doute causée par des systèmes de courants restant dans une position fixe par rapport au Soleil, comme il en est pour ceux causant la variation S_R . Mais un fait essentiel distingue les premiers des seconds, et ce fait est une conséquence directe de l'occurrence irrégulière des variations constituant l'activité magnétique à laquelle appartient la variation SD⁽¹⁾. En effet, les systèmes de courants SD n'existent pas en permanence; lorsqu'ils existent, l'intensité de leurs courants varie rapidement, en fonction du temps universel, depuis une valeur nulle jusqu'à une valeur maximum pour revenir à une valeur nulle; et cette variation d'intensité est assez rapide pour déterminer la morphologie des variations causées sur les enregistrements individuels (ainsi, la plus grande amplitude de l'effet causé, correspondant au maximum d'intensité des courants, apparaît au même moment en temps universel). Il en résulte que, sur les enregistrements individuels, les variations "régulières" (au sens morphologique) causées apparaissent synchrones en temps universel, d'une longitude à l'autre. L'existence de la variation journalière statistique SD, comme celle de la variation S_q , prouve seulement que certains phénomènes se produisent plus ou moins régulièrement, chaque jour, et causent des variations qui ont un sens privilégié en fonction des heures locales. Seul, un examen des enregistrements individuels permet de savoir ce que sont exactement les variations individuelles causant une variation statistique donnée.

Il existe donc une possibilité pratique de séparer sur les enregistrements individuels la variation S_R , définie à partir de la seule propriété de son occurrence "régulière", parmi toutes les autres variations transitoires qui constituent l'activité magnétique et possèdent la propriété contraire: une occurrence irrégulière.

Ainsi la seule notion d'activité magnétique irrégulière peut être le principe d'une définition des variations-K et des variations-non-K. En outre, elle inclut la possibilité pratique de séparer sur les enregistrements individuels les deux types de variation. C'est en fonction de ce principe que nous classerons variations-non-K et variations-K.

1.3 - CLASSIFICATION DES VARIATIONS-NON-K

1.3.1 - La variation S_R

La variation-non-K par excellence, et de loin la plus importante, est évidemment la variation S_R définie ci-dessus. Elle est une variation-non-K, que son origine soit due ou non au seul effet-W. Nous avons dit en effet que la variation S_R des régions polaires ne pouvait être attribuée avec certitude au seul effet-W; et cependant elle est certainement causée par l'existence permanente d'un système de courants; elle ne correspond donc pas à un état de perturbation du champ. De même, les systèmes de courants dont l'existence

(1) cf. ((19)).

Is this property also sufficient, in practice, to enable one to separate the S_R variation, on the magnetograms, from all transient variations making up the magnetic activity? Chapter 3 will deal with this problem in detail, from the point of view of the observer having only the magnetograms of his observatory at his disposal. Let us only mention here the problem of the SD variation, since we have seen that the SD could, apparently, be regarded as a component of the "regular daily variation" defined from the statistical point of view only.

Now, the SD variation is doubtless brought about by current-systems staying in a fixed position in relation to the Sun, as is the case for those bringing about the S_R variation. But an essential fact distinguishes the first from the second, and this fact is a direct consequence of the irregular occurrence of variations making up the magnetic activity to which the SD variation belongs⁽¹⁾. Indeed, the SD current-systems do not permanently exist; when they exist, the intensity of their currents varies rapidly, as a function of universal time, from zero to a maximum and back to zero; and this intensity variation is sufficiently rapid to determine the morphology of the variations produced on the individual records (thus, the greatest amplitude of the effect produced, corresponding to the current intensity maximum, occurs at the same moment in universal time). The consequence is that, on the records, the "regular" (in the geometrical sense) variations produced appear to be synchronous, in universal time, from one longitude to another. The existence of the statistical daily SD variation, as that of the S_q variation proves only that some phenomena occur more or less regularly, each day, and bring about variations which have a preferential sense in relation to local time. Only a survey of records enables one to know what are in fact the individual variations bringing about a given statistical variation.

Therefore there exists a practical possibility of separating, on individual records, the S_R variation (defined above from the exclusive property of its "regular" occurrence) from all other transient variations making up the magnetic activity and having an irregular occurrence.

Thus the single concept of irregular magnetic activity can be the basis of a definition of K-variations and non-K-variations. Moreover this concept implies the practical possibility of separating, on individual records, the two kinds of variations. We shall now classify the non-K-variations and K-variations according to this principle.

1.3 - CLASSIFICATION OF NON-K-VARIATIONS

1.3.1 - The S_R variation

By far the most important non-K-variation is evidently the S_R variation defined above. It is a non-K-variation, whether or not its origin be due to the W-effect only. We have said indeed that the S_R variation in the polar regions could not be attributed with certainty to the sole W-effect only; nevertheless it is certainly brought by the permanent existence of a current-system; therefore it does not correspond to a state of perturbation of the field. Likewise, the current-system whose existence is

(1) cf. ((19)).

est possible sur la frontière de la magnétosphère ne sont pas dus à la radiation-W; si leur effet, dans l'avenir, se révélait être plus grand que celui prédit par G. D. Mead, ce phénomène serait alors une part de la variation S_R que nous observons.

Certains auteurs attribuent une part de la variabilité jour-à-jour de la variation S_R , même aux latitudes moyennes, à une origine corpusculaire; nous pensons personnellement qu'une interprétation des enregistrements individuels, basée sur les critères que nous donnerons au chapitre 4, permettrait déjà d'éliminer certaines variations "douces" qui n'appartiennent pas au S_R . D'autre part, il est probable que des variations de conductibilité, causées par des événements corpusculaires antérieurs, peuvent modifier la forme des systèmes de courants responsables de la variation S_R , et donc provoquer une part de la variabilité jour-à-jour du S_R . Mais l'invasion fréquente des systèmes de courants S_R dans les régions non éclairées est tout à fait du même ordre; elle est due à la présence d'une conductibilité résiduelle. Ces conductibilités résiduelles ne détruisent pas la propriété fondamentale de la variation S_R : son occurrence régulière.

1. 3. 2 - La variation L.

Nous n'avons jusqu'ici jamais mentionné la variation journalière lunaire. Son existence sur les enregistrements individuels peut être mise en évidence dans les régions soumises à l'influence de l'électrojet équatorial. En dehors de ces régions, elle n'est connue que par une approche statistique et semblerait être très faible. Si la très grande variabilité jour-à-jour de la variation L sous l'électrojet équatorial existait également en dehors de l'électrojet, il n'est pas impossible que certains éléments de la variabilité du S_R en dehors de l'électrojet doivent finalement être attribués au L.

En l'absence de toute évidence à cet égard, nous considérons dans la suite que la variation L est négligeable en dehors de l'électrojet; nous nous y intéresserons seulement au chapitre 5 à propos de la région de l'électrojet.

Les conceptions actuelles sur la variation L permettent cependant de la classer sans équivoque parmi les variations-non-K.

1. 3. 3 - L'effet de post-perturbation.

La troisième variation-non-K est l'effet de post-perturbation. Ceci semble ne pas être justifié tant du point de vue de la définition classique des variations-K (il est un effet-P ou sa conséquence directe) que du point de vue de la définition établie ci-dessus (il est une variation "irrégulière" au sens temporel).

Cependant, tant d'un point de vue théorique que d'un point de vue pratique, l'effet de post-perturbation doit être classé comme une variation-non-K.

1/ Du point de vue théorique, comme son nom l'indique, cet effet n'appartient pas à la perturbation⁽¹⁾; il vient après la perturbation. La signification physique de cette affirmation est la suivante: quoiqu'il en soit de l'existence (controversée) de l'anneau équatorial, ce phénomène fait suite à une perturbation plus ou moins importante du champ magnétique terrestre; ce champ perturbateur est en gros parallèle à l'axe du dipôle, et varie rapidement. Et, incontestablement, un état de perturbation subsiste après la phase rapidement variable de la perturbation proprement dite. Cet état de perturbation varie

(1) Nous aurons à définir au chapitre 6 à partir de quel moment l'effet de post-perturbation commence.

possible on the magnetosphere boundary is not due to the W-radiation; if its effect hereafter turned out to be greater than that predicted by G. D. Mead, this phenomenon would be a part of the S_R variation which we observe.

Some authors attribute part of the day-to-day variability of the S_R variation, even at middle latitudes, to a corpuscular origin; we personally think that an interpretation of individual records based on the criteria which we shall give in chapter 4, would already permit an elimination of certain "smooth" variations which do not belong to S_R . On the other hand, it is probable that conductivity variations, caused by earlier corpuscular events, can modify the shape of current-systems that produce the S_R variation, and therefore cause part of the day-to-day variability of S_R . But the frequent invasion of the non-sunlit regions by S_R current-systems is quite similar; it is due to the presence of a residual conductivity. These residual conductivities do not cancel the fundamental property of the S_R variation: its regular occurrence.

1.3.2 - The L variation.

We have not mentioned, until now, the lunar daily variation, L. Its existence on individual records is obvious in the regions subjected to the influence of the equatorial electrojet. Outside these regions, it is known only through a statistical approach, and would seem to be very weak. If the very large day-to-day variability of the L variation below the equatorial electrojet existed also outside the electrojet, it is not impossible that certain elements of the S_R variability must be finally attributed to L in all regions.

In the absence of any evidence on this point, we shall assume subsequently that the L variation is negligible outside the electrojet, and we shall deal with it only in chapter 5 in connection with the electrojet region.

The present conception of L variation permits, however, its classification among the non-K-variations.

1.3.3 - The post-perturbation effect.

The third non-K-variation is the post-perturbation effect. This classification seems to be unjustified from the point of view of the classical definition of K-variations (it is a P-effect or its direct consequence) as well as from the point of view of the definition established above (it is a temporally "irregular" variation).

However, the post-perturbation effect must be classified among non-K-variations both from theoretical and practical point of view.

1/ From the theoretical point of view, this effect does not belong to the perturbation⁽¹⁾, as its name indicates. The physical meaning of this affirmation is the following: this effect, whether it is due or not to the equatorial ring-current, follows a more or less important perturbation of the magnetic field, during which the disturbing field is roughly parallel to the dipole axis and varies rapidly. And, beyond all question, a state of perturbation persists after the rapidly variable phase of the perturbation itself. This state of perturbation itself varies, but

(1) We shall define, in chapter 6, from what moment the post-perturbation effect begins.

lui-même, mais la cause de cette variation extrêmement lente peut être attribuée à un phénomène d'amortissement se produisant dans l'exosphère: aucune énergie nouvelle n'est produite, il n'y a pas "activité" à proprement parler.

2/ D'un point de vue pratique, on peut remarquer que l'indice K n'est pas adapté à une mesure exacte de l'effet de post-perturbation, puisqu'il fait abstraction de tout niveau de référence (cf. Partie I, chap. 1); un autre indice d'activité, l'indice Dst, mesure ce phénomène. Mais l'inclusion de l'effet de post-perturbation dans les variations-K pourrait dans certains cas élever légèrement le niveau de l'indice en l'absence de toute autre variation significative d'une activité proprement dite.

1.3.4 - Le s. f. e.

Le classement de ce phénomène parmi les variations-K ou les variations-non-K est controversé. Ici encore nous considérons deux points de vue.

1/ D'un point de vue pratique, les directives antérieures le classaient de facto parmi les variations-K. En effet ((cf. 2, p. 218)), en cas de s. f. e. "supposé", deux mesures devaient être effectuées: a/ un indice K, mesuré sans élimination du s. f. e. supposé, b/ un indice K', mesuré avec élimination. En effet le s. f. e., considéré comme un accroissement temporaire de la variation journalière, était donc un effet-W. Mais la difficulté de son identification au jour le jour avait conduit à cette distinction entre un indice K et un indice K'. Or, les indices publiés dans les Bulletins 12 du A. I. G. A. par les soins du Centre C+K étaient toujours (voir les Introductions) les indices K et non les indices K'; ces derniers n'ont jamais fait l'objet d'une publication systématique. Il faut donc considérer que, de fait, les s. f. e. étaient inclus dans les variations-K⁽¹⁾.

2/ D'autre part, il n'est pas évident que les s. f. e. soient une amplification temporaire de la variation S_R comme on pouvait le penser, il y a une vingtaine d'années. Certains auteurs pensent qu'ils seraient dus à un rayonnement ondulatoire plus pénétrant que celui causant les systèmes de courants S_R aux moyennes ou basses latitudes; et, de ce fait, les systèmes de courants correspondant aux s. f. e. seraient situés à une altitude nettement inférieure. Finalement, bien que les s. f. e. soient certainement un effet de la radiation-W, il est logique, selon la discussion précédente, de les classer parmi les variations-K à cause de leur occurrence irrégulière⁽²⁾.

1.4 - CONCLUSION.

Les variations-non-K sont donc les variations S_R ou L et l'effet de post-perturbation. Toutes les autres variations transitoires sont des variations-K. Cette classification ne diffère pas de la classification des directives antérieures si l'on est conscient de la distinction qui existait entre l'indice K et l'indice K'.

L'effort que nous avons fait pour substituer à la définition classique des variations-K une définition reposant sur la seule notion d'activité magnétique pourra donc

(1) La raison de la circulaire du 18/6/1964 aux observatoires était d'éviter d'une part une confusion qui existait (certains observatoires envoyaient au C+K Center le seul K' au lieu de l'indice K) et d'autre part un travail inutile puisque les K' n'étaient pas publiés.

(2) La décision de ne plus mesurer les K' a été suspendue ultérieurement pour les seuls observatoires-Kp par une circulaire du 4/2/1965. Cette question sera examinée à la prochaine Assemblée.

the cause of this extremely slow variation can be attributed to a phenomenon of damping taking place in the exosphere: no new energy is produced, and there is no "activity" in the strict sense of the word.

2/ From a practical point of view, one can remark that the K-index is not suitable for an exact measurement of the post-perturbation effect, since it does not call for any reference level (cf. Part I, ch. 1); another activity index, the Dst index, measures it. But the inclusion of the post-perturbation effect in the K-variations could, in some cases, slightly raise the level of the index when any other variation significant of a true activity is present.

1.3.4 - The s. f. e.

The classification of this phenomenon among non-K-variations or K-variations is controversial. We shall consider here again two points of view.

1/ From a practical point of view, the former directions classified it, in fact, among the K-variations. Indeed ((cf. 2, p.218)), in the case of a "presumed" s. f. e., two measurements must be made: a/ an index K, measured without elimination of the presumed s. f. e., b/ an index K', measured with elimination. Indeed, the s. f. e., regarded as a temporary increase of the daily variation, is a W-effect. But the difficulty of its definite identification day-by-day was the reason for the distinction between a K-index and a K'-index. Now, the K-indices published by the C+K Center were always (see the Introduction of the Bulletins 12) the indices K and not the indices K': the latter have never been the subject of a systematic publication. Thus, s. f. e.'s must, in fact, be considered as included in the K-variations⁽¹⁾.

2/ On the other hand, it is not evident that the s. f. e.'s are a temporary increase of the S_R variation, as one could think some twenty years ago. Some authors think that they may be due to a wave radiation more penetrating than that causing the S_R current-systems at middle and low latitudes, and, consequently, that the current-systems corresponding to s. f. e.'s would be located at a somewhat lower altitude. Finally, notwithstanding the fact that s. f. e.'s clearly due to wave-radiation, it is logical, as the basis of the foregoing discussion, to include them among the K-variations because of their irregular occurrence⁽²⁾.

1.4 - CONCLUSION.

The non-K-variations therefore are the variations S_R or L and the post-perturbation effect. All other transient variations are K-variations. This classification does not differ from the classification of the former directions if one is aware of the distinction which existed between the K index and the K' index.

The effort we have made to substitute a definition of K-variations resting

-
- (1) The motive of the 18/6/1964 Circular to Observatories was to avoid: 1/ confusion which existed: some observatories sent to C+K Center only the K' instead of the K, 2/ useless work since the K' were not published.
 - (2) The decision of not measuring the K' has been postponed for Kp-observatories by a Circular of 4/2/1965. This question will be raised at the next Assembly.

sembler sans objet⁽¹⁾. Il nous aura permis néanmoins d'obtenir une définition précise de la principale variation-non-K, le S_R ; et cette définition inclut la possibilité pratique de son identification. D'autre part, en fonction des connaissances actuelles, nous croyons que la définition classique ne pourrait conduire qu'à des équivoques de plus en plus nombreuses. L'avantage de la définition que nous proposons est qu'elle repose essentiellement sur une donnée d'observation: l'existence d'une activité magnétique irrégulière (au sens temporel), qui s'oppose à l'existence d'une variation journalière régulière (au sens temporel).

Finalement, on peut dire que l'indice K mesure principalement les effets de la radiation corpusculaire P.

CHAPITRE 2

ELEMENTS D'UNE BASE OBJECTIVE DE L'IDENTIFICATION DES VARIATIONS-NON-K.

Certaines des variations transitoires constituant l'activité magnétique irrégulière sont "régulières" au sens morphologique, et se superposent à la "variation journalière régulière" S_R , elle-même variable jour-à-jour. Comment est-il donc possible d'arriver à une réelle "objectivité" dans la séparation de ces deux types de variations régulières lors de la mesure des Indices K à partir des enregistrements d'un seul observatoire?

C'est là une des questions que les observateurs nous ont le plus souvent posées soit dans les rapports qu'ils nous ont adressés (cf. Introduction, p. 1) soit de vive voix.

Pour répondre à cette question, il convient d'abord de préciser le sens du mot "objectif". Une mesure "objective" est une mesure qui, faite de nouveau, donne le même résultat; l'idéal serait de l'obtenir en éliminant toute intervention humaine introduisant un "facteur personnel" qui dépend du "jugement subjectif" de l'observateur et peut varier d'un observateur à l'autre.

Aussi longtemps qu'un procédé automatique n'aura pas été mis au point pour identifier les variations-non-K⁽²⁾, il semble difficile d'éliminer toute intervention humaine. Trois éléments peuvent cependant contribuer à former une base réellement objective de l'identification des variations-non-K:

- 1/ la connaissance d'une description planétaire des variations d'allure régulière qui apparaissent sur les enregistrements,
- 2/ une expérience personnelle des enregistrements mesurés,
- 3/ des règles pratiques relatives à la discrimination entre variations-K et variations-non-K.

1/ La variation journalière S_R observée en une station donnée est la conséquence d'un phénomène planétaire, puisqu'elle est causée par l'existence permanente de

(1) Cependant l'existence de la variation régulière propre aux régions polaires et sub-polaires l'impose, parce que cette variation n'est pas due à un effet-W.

(2) Voir, par exemple, les tentatives dans ce sens par L. R. Alldredge ((20)). La "régularité" morphologique de certaines variation-K et leur durée tout à fait semblable à celle de certaines déformations secondaires de la variation S_R , semblent rendre inefficace un lissage automatique.

on the single concept of magnetic activity may therefore seem without interest⁽¹⁾. Nevertheless we have thus obtained an accurate definition of the chief non-K-variation, the S_R variation; and this definition implies the practical possibility of its identification. On the other hand, in relation to present knowledge, we believe that the classical definition could lead to more and more ambiguities. The advantage of the definition we propose is that it rests essentially on an observational fact: the existence of a magnetic activity irregular in the temporal sense, which contrasts with the existence of a daily variation regular in the same sense.

Finally, one may remark that the K index measures principally the irregular effects of the corpuscular radiation P.

CHAPTER 2

ELEMENTS OF AN OBJECTIVE BASIS FOR THE IDENTIFICATION OF THE NON-K-VARIATIONS.

Some of the transient variations that make up the irregular magnetic activity are geometrically "regular", and are superposed on the "regular daily variation" S_R , itself unsteady from day to day. How then can a true "objectivity" be achieved in the separation of these two types of regular variations when the measurement of K indices is made from the records of only one observatory ?

Observers have very often put this question to the author, either in the reports which they have sent (cf. Introduction, p. 1) or viva voce.

An answer to this question presupposes a specification of the meaning of the word "objective". An objective measurement is a measurement which, when it is made over again, gives the same result; and the ideal would be to obtain it by eliminating any human interference involving a "personal factor" which depends on the "subjective judgement" of the observer and may vary from one observer to another.

As long as an automatic process has not been perfected for identifying the non-K-variations⁽²⁾, the elimination of all human interference seems difficult. However three elements can make up a truly objective basis for the identification of the non-K-variations:

- 1/ knowledge of a planetary description of the smooth variations which appear on the records,
- 2/ personal experience of the records to be measured,
- 3/ practical rules relating to the discrimination between K-variations and non-K-variations.

1/ The daily S_R variation observed at a given station is the consequence of a planetary phenomenon, since it is brought about by the permanent existence of

(1) The existence of a regular variation proper to polar and subpolar regions however requires it, because this variation is not due to a W-effect.

(2) See, for instance, the attempts made in this direction by L. R. Allredge ((20)). The geometrical "regularity" of some K-variations and their duration which are quite similar to that of some secondary deformations of the S_R variation, seem to make an automatic smoothing inefficient.

systèmes de courants circulant principalement dans l'ionosphère et recouvrant une grande partie de chaque hémisphère. Or on conçoit aisément que des déplacements en latitude ou des variations de forme de ces systèmes d'un jour à l'autre peuvent provoquer une variation importante des effets causés (d'où la variabilité jour-à-jour du S_R). Si, en particulier, les différentes formes que prennent ces systèmes de courants peuvent être schématisées à l'aide de "modèles" simples, la connaissance générale de leurs effets sur une bande de latitudes étendue peut permettre à un observateur de comprendre les causes de la variabilité jour-à-jour du S_R qui apparaît sur ses propres enregistrements. Nous essayerons de donner, au chapitre 4, une telle description planétaire de la variation S_R et des conditions de sa variabilité. Elle ne prétend pas être exhaustive; des compléments devront être apportés dans l'avenir, et ceci particulièrement grâce à une collaboration qui pourrait s'établir entre Observatoires. Les Membres du Groupe de Travail des Indices Magnétiques pourraient assurer une certaine centralisation pour chaque région de la Terre.

Les variations-K d'allure régulière, observées en une station donnée et qui risquent parfois d'être confondues avec la variation S_R , sont également la conséquence de phénomènes planétaires. Par conséquent, une description planétaire de ce type de variation est indispensable, au même titre que la précédente. Le chapitre 3 donnera l'essentiel des connaissances nécessaires en cette matière.

La connaissance de ces descriptions planétaires de phénomènes dont les effets apparaissent sur les enregistrements d'un observatoire donné constitue le premier élément d'une base objective de l'identification des variations-non-K; en effet l'interprétation des enregistrements que l'observateur doit faire ne sera pas "aveugle", mais dépendra de cette connaissance elle-même objective.

2/ Un second élément, non moins important et valable, d'une base objective est l'expérience que chaque observateur a de ses propres enregistrements. Certains des rapports que nous avons reçus en réponse à la circulaire mentionnée dans l'Introduction (cf. p. 1), donnaient effectivement comme base de l'identification du S_R le jugement personnel de l'observateur. Ceci peut sembler paradoxal; cependant un des signes de l'"objectivité" de ce jugement personnel semble être le fait que les jugements de divers observateurs puisent en général s'accorder.

L'un des moyens d'acquérir cette expérience est celui que nous avons décrit dans la Première Partie (cf. p. 9): dessiner le S_R sur chaque jour d'une série plus ou moins longue d'enregistrements. La comparaison des différents tracés initiera rapidement au problème de la variabilité jour-à-jour.

Ce second élément formait pratiquement jusqu'à maintenant la seule base objective des mesures; il continuera à être déterminant, mais il pourra s'appuyer désormais sur la description planétaire que nous donnerons du phénomène. De ce fait, les expériences diverses des observateurs d'un observatoire à l'autre seront rendues plus homogènes.

3/ Ni l'un ni l'autre des éléments d'une base objective de l'identification des variations-non-K que nous venons d'énoncer n'éliminent entièrement le "facteur personnel" de l'observateur lors des mesures. En effet, ce "facteur personnel" risque d'interférer de plus en plus à mesure que, dans l'agitation, la variation S_R devient plus difficile à identifier. Ce sont d'ailleurs les cas intermédiaires (ceux où l'intensité des variations-K n'est

current-systems flowing chiefly in the ionosphere and extending over a great part of each hemisphere. Now it is easy to see that shifts in latitude or variations in shape of these systems from one day to another can give rise to an important variation of their field (whence the day-to-day variability of S_R). If, in particular, the various shapes of these current-systems can be schematically represented by simple "models", a general knowledge of their effects in a wide latitude band enables an observer to gain an insight as to the causes of the S_R day-to-day variability which appears on his own records. We shall try to give, in chapter 4, such a planetary description of the S_R variability. This description does not claim to be exhaustive; some additions will have to be made in the future, particularly through a collaboration which could arise between Observatories. The Members of the Working-Group on Magnetic Indices could contribute to this description for each region of the Earth.

The geometrically regular K-variations observed at a given station, which may sometimes be confused with the S_R variation, are likewise the consequence of planetary phenomenon. Thus, a planetary description of this type of variation is as indispensable as the preceding one. Chapter 3 gives the substance of the necessary knowledge in this matter.

A knowledge of these planetary features of the phenomena whose effects appear on the records of a given observatory constitutes the first element of an objective basis for the identification of non-K-variations: thus, the interpretation of the records which the observer must do will not be "blind" but will depend on this knowledge, itself objective.

2/ A second element of an objective basis, no less important and valuable, is the experience which each observer has of his own records. Some of the reports we have received in answer to the circular quoted in the Introduction (cf. p. 1), gave effectively, as a basis for the identification of S_R , the personal judgement of the observer. This may seem paradoxical: however a sign of the "objectivity" of this personal judgement is that judgements of different observers can on the whole agree.

One of the means to acquire this experience is the one described in the First Part (cf. p. 9): to draw the S_R on each day of a more or less long series of records. The comparison of the different drawings will rapidly give an initiation to the problem of the day-to-day variability.

This second element was until now practically the only objective basis for the measurements; it will remain decisive, but it can henceforth rest on the planetary description of the phenomenon which we give. Thus, the various experiences of the observers, from one observatory to another, will be made more homogeneous.

3/ Neither of the above procedures entirely eliminates the "personal factor" of the observer in the measurements. Indeed, this "personal factor" involves the danger of interfering more and more in proportion as the S_R variation becomes more difficult to identify in the agitation. Besides, it is the intermediate cases

pas très grande devant celle des variations-non-K) qui peuvent conduire à des divergences nombreuses.

C'est pourquoi, il est indispensable d'une part de décrire ce qui doit orienter le jugement personnel de l'observateur, d'autre part de réduire les divergences possibles dans les cas douteux, en indiquant une "ligne de conduite" commune à suivre par les observateurs.

Nous énoncerons dans ce but, au chapitre 3, une série de règles pratiques pour la discrimination entre variations-K et variations-non-K. Elles devraient être la garantie d'une relative homogénéité entre les mesures faites dans les divers observatoires.

La valeur des différents éléments d'une base objective de l'identification des variations-non-K, que nous proposons ici, doit être jugée non seulement par rapport au but recherché (une mesure quantitative des seuls effets de l'activité magnétique), mais encore par rapport à la définition pratique de l'indice K. La seule méthode parfaitement objective pour effectuer une séparation des variations-K et des variations-non-K serait une comparaison précise et laborieuse des enregistrements de nombreux observatoires. Mais les différents choix sur lesquels repose la définition pratique de l'indice K impliquent des limites à la signification physique de cette mesure quantitative (cf. Première Partie, ch. 4); et d'autre part, l'utilisation d'une grille fait de cette mesure non pas une mesure exacte d'une amplitude en gammas mais seulement celle d'une classe d'amplitudes, et par conséquent réduit considérablement les incertitudes relatives à l'identification des variations-non-K (id., ch. 2). Il en résulte que l'indice K est seulement une mesure quantitative approximative et, pour l'obtenir, il serait vain de comparer des enregistrements d'observatoires différents. Ce sont les limites mêmes de la méthode de mesures et de sa précision qui permettent d'affirmer que les éléments proposés comme base objective de l'identification du S_R sont pratiquement suffisants pour garantir une réelle valeur aux mesures elles-mêmes.

CHAPITRE 3

REGLES D'UNE DISCRIMINATION ENTRE VARIATION S_R ET VARIATIONS-K.

Le problème de la discrimination entre la variation S_R et les variations-K (particulièrement les variations-K d'allure régulière), à partir des enregistrements d'un seul observatoire, nous est apparu longtemps sans solution. Il serait possible de le schématiser de la manière suivante.

1/ La morphologie de la variation S_R est telle que, en général, elle ne comporte aucun mouvement brusque (le S_R de D des latitudes tropicales a cependant un début parfois assez brusque). Par conséquent, lorsqu'un enregistrement ne présente que des variations très régulières ou très douces, la présomption est grande pour que la variation observée soit effectivement le S_R ; et un lissage de la courbe devrait représenter une bonne identification du S_R . La figure 15 en donne des exemples pour une station de basse latitude,

(those where the intensity of K-variations is not very large compared to that of the non-K-variations) which lead to numerous discrepancies.

Therefore, it is indispensable, on the one hand to describe what must guide the personal judgement of the observer, and on the other hand to reduce the possible discrepancies in the doubtful cases, by indicating a common "line of conduct" to be followed by the observers.

We set forth to this end, in chapter 3, a series of practical rules for the discrimination between K-variations and non-K-variations. They should guarantee a relative homogeneity between the measurements made at the various observatories.

The value of the different elements of an objective basis for the identification of the non-K-variations, which we propose here, must be judged not only in relation to the goal (a quantitative measure of the magnetic activity only), but also in relation to the practical definition of the K-index. The only perfectly objective method for carrying out the separation between K-variations and non-K-variations would be a precise and cumbersome comparison of records from many observatories. But the different choices on which the practical definition of K-index rests imply certain limits to the physical meaning of this quantitative measurement (cf. First Part, ch. 4); and, on the other hand, the use of a gauge means that this measurement is not an exact measure of an amplitude in gammas but only that of a class of amplitudes, and consequently reduces to a negligible level the uncertainties relative to the identification of the non-K-variations (idem, ch. 2). Consequently, the K index is only an approximate quantitative measurement, and it is necessary to make a comparison of records from various observatories. The very limitations of the measurement method and of its accuracy permit one to assert that the elements proposed as an objective basis of the identification of the S_R variation are practically sufficient to guarantee the reliability of the measures themselves.

CHAPTER 3

RULES FOR A DISCRIMINATION BETWEEN THE S_R VARIATION AND K-VARIATIONS.

The problem of the discrimination between the S_R variation and the K-variations (particularly the smooth K-variations), from the records of only one observatory, for a time appeared to us insoluble. We outline the problem thus.

1/ The morphology of the S_R variation is such that, generally, it does not contain any sudden movement (the S_R of D in tropical latitudes however sometimes has a quite sudden commencement). Consequently, when a record presents only some very regular or very smooth variations, a reliable presumption is that the observed variation is effectively S_R , and a smoothing of the curve should represent a good identification of S_R . Figure 15 gives examples for a low latitude station, Honolulu, and a

Honolulu, et une station de haute latitude, College⁽¹⁾.

2/ En fait cette situation idéale est rare. Le plus souvent des mouvements brusques et irréguliers plus ou moins nombreux se superposent à une variation d'allure plus ou moins régulière. Celle-ci peut être déterminée approximativement par un lissage de l'enregistrement tel que celui qui est fait (voir fig. 16) sur un enregistrement de H de la même station de basse latitude. Or un tel lissage représente évidemment ce qu'on pourrait appeler "le Sd de ce jour" (expression analogue à celle employée pour le "Sq de ce jour").

Ce fait avait été souligné par J. Bartels dans la première description de la méthode de mesures des indices K ((1, p. 414)); et c'est pourquoi étaient données en annexe ((21)) non seulement des courbes statistiques Sq comme modèles-type de la variation journalière à éliminer, mais aussi des courbes Sd et SD en ces mêmes observatoires.

Apparemment, l'observateur se trouvait dans l'alternative suivante:

1/ si l'enregistrement comporte assez de parties "calmes", un lissage de la courbe s'appuyant sur ces parties calmes a quelques chances de représenter une identification à peu près exacte du S_R ,

2/ mais, à mesure que le niveau de l'activité augmente, le lissage tend à représenter "le Sd du jour"; l'observateur devrait alors, en associant son expérience de la variabilité jour-à-jour du S_R et sa connaissance du SD statistique, tenter d'"imaginer" le S_R le plus probable.

La conception classique du SD est à l'origine de cette difficulté. Selon cette conception, la variation SD serait une variation journalière plus ou moins continue (formant, en particulier, une onde de 24h), se superposant à la "variation journalière régulière" S_R et dépendant également du temps local.

En fait, cette conception est le résultat de données purement statistiques; l'examen des enregistrements individuels révèle que les événements magnétiques qui contribuent à former la variation statistique SD (nous les appellerons "événements-SD") possèdent des propriétés complètement différentes. Il en résulte que l'identification, à partir des enregistrements d'un seul observatoire, des variations d'allure régulière causées par ces événements-SD est beaucoup plus simple qu'on ne pouvait le penser.

Ce sont ces propriétés que nous exposerons d'abord; leur connaissance constitue l'une des parties du premier élément d'une base objective de l'identification des variations-non-K (cf. ch. 2, p. 47).

Nous résumerons ensuite, pour différentes zones de latitudes, l'essentiel de ce que les observateurs doivent connaître à l'égard des variations-K d'allure régulière, ou plus ou moins régulière. Ces zones seront définies par leur distance à la zone aurorale. Aussi, plutôt que les latitudes géomagnétiques (champ du dipôle), nous utiliserons les coordonnées du système de l'anneau équatorial ((22)). Son avantage est que la zone aurorale a une latitude pratiquement constante dans ce système. Les figures 17 et 18 donnent une représentation de ce système que nous appellerons système de coordonnées E. R. C. pour les hautes et moyennes latitudes de chaque hémisphère.

Enfin nous énoncerons une série de règles pratiques pour un observateur mesurant les indices K à partir des enregistrements d'un seul observatoire.

(1) A Honolulu, quelques variations brusques de courte durée subsistent encore (par exemple le 23 mai 1958, sur H entre 4h30 et 6h30). A College, les variations brusques de courte durée ne masquent pas la variation d'allure régulière, qui représente le S_R probable.

high latitude station, College⁽¹⁾.

2/ In fact, this ideal situation is rare. Most often, some more or less numerous sudden and irregular movements are superposed on a more or less smooth variation. The latter can be approximately determined by a smoothing of the record such as the one made (see fig. 16) on an H-record of the same low latitude station. Now, such a smoothing evidently represents what could be called "the Sd of this day" (an expression analogous to the expression used for "the Sq of this day").

This fact was pointed out by J. Bartels in the first description of the measurement method of K indices ((1 p. 414)); consequently, he gave in a supplement ((21)) not only statistical Sq-curves as models of the daily variation to be eliminated, but also Sd- and SD-curves for the same observatories.

Apparently, the observer had the following alternatives:

1/ if the record contains enough "quiet" parts, a smoothing of the curve using these quiet parts has some chance of representing a nearly exact identification of S_R .

2/ but as the activity level increases, the smoothing tends to represent "the Sd of this day"; the observer must then try to "imagine" the most probable S_R by combining his experience of the S_R day-to-day variability and his knowledge of the statistical SD.

This difficulty arises from the classical conception of SD. According to it, the SD variation is a more or less continuous daily variation (forming, in particular, a 24 hour wave), superposed on the "regular daily variation" S_R and depending on local time.

In fact, this conception has a statistical origin: a survey of individual records shows that the magnetic events which make up the statistical SD variation (we shall call them "SD-events") have completely different properties. Consequently, the identification of smooth variations produced by the SD-events, from records of only one observatory, is much simpler than one would think.

We first state these properties: their knowledge is one part of the first element of an objective basis for the identification of non-K-variations (cf. ch. 2 p. 47).

We then summarize, for different latitude zones, the main points that the observers must know with regard to smooth (or more or less smooth) K-variations. These zones will be defined by their distance from the auroral zone, and we shall use the coordinate system of the equatorial ring current ((22)) rather than the dipole field latitudes. The advantage of the former system is that the auroral zone has a nearly constant latitude in it. Figures 17 and 18 give a representation of this system (which we shall call E. R. C. coordinate system) for the high and middle latitudes of each hemisphere.

We finally state a series of practical rules for an observer measuring K indices from the records of only one observatory.

(1) At Honolulu, some sudden variations of short duration still exist (for instance on 23 May 1958, in H, between 4h30 and 6h30). At College, the sudden variations of short duration do not mask the smooth variation, which represents the probable S_R .

L'énoncé des critères d'une identification du S_R dans une comparaison d'enregistrements d'observatoires différents pourrait être utile aux observateurs lorsqu'ils auront l'occasion de comparer quelques-uns de leurs enregistrements avec ceux d'autres observatoires; elle sera faite à la fin du chapitre 4, lorsque nous disposerons de tous les éléments nécessaires.

3. 1 - PROPRIETES DES EVENEMENTS-SD.

Pour exposer les propriétés des évènements-SD contribuant à former la variation statistique journalière SD et causant des variations-K d'allure régulière, il sera utile de nous référer au schéma classique des systèmes de courants par lequel la variation SD a été représentée.

Rappelons ce que sont les effets magnétiques, au niveau du sol, de ces systèmes de courants; la composante horizontale du vecteur magnétique causé est dirigée normalement aux lignes de courants situées à la verticale du lieu; elle est orientée vers le centre du système lorsque le sens des courants est le sens inverse des aiguilles d'une montre, et vers l'extérieur lorsque le sens des courants est celui des aiguilles d'une montre.

La figure 19 donne le schéma classique des systèmes de courants SD; la figure 20 donne, à titre de comparaison, un schéma analogue pour la variation S_q . Ces systèmes de courants sont supposés rester dans une position fixe par rapport au soleil, puisque l'une et l'autre variation sont en dépendance du temps local.

Il existe une symétrie des courants SD par rapport au midi local (c'est-à-dire par rapport à la direction du soleil). Cette symétrie correspond au fait que, à chaque latitude, la variation journalière SD de H ou de D est formée d'une onde presque sinusoidale de 24 heures (par exemple, sur H, maximum sur 6h et minimum sur 18h aux latitudes moyennes et tropicales, minimum sur 6h et maximum sur 18h aux latitudes aurorales); le niveau-zéro choisi sur ces courbes étant la moyenne algébrique des écarts, on obtient deux circuits symétriques. Une telle symétrie n'apparaît pas sur le schéma des systèmes S_q (voir fig. 20). En effet les courbes S_q ne forment pas une onde sinusoidale de 24h (la variation est plus importante le jour que la nuit), et un choix analogue au précédent pour le niveau-zéro conduit à un circuit plus intense dans la journée que dans la nuit. Si on choisissait le niveau nocturne comme niveau-zéro, le circuit nocturne disparaîtrait. Ce fait montre l'importance du choix du niveau-zéro.

Cependant un autre fait apparaît sur ce schéma des systèmes de courants SD, et il est indépendant du niveau-zéro choisi. La densité des courants varie beaucoup avec la latitude; en particulier, elle est très grande sur la zone aurorale. Ceci correspond effectivement à l'amplitude totale beaucoup plus grande de la variation SD à ces latitudes. On parle actuellement d'électrojets auroraux (électrojet de direction E-W dans la matinée, de direction W-E dans l'après-midi). C'est de cette notion que nous partirons pour décrire les propriétés des évènements-SD contribuant à former la variation statistique SD; nous dirons qu'il y a un "évènement-SD" lorsqu'un électrojet auroral existe. Nous énumérerons les propriétés de ces phénomènes à partir d'un examen d'enregistrements individuels. La plupart du temps, les exemples donnés seront pris de jours relativement peu agités (voir ((19)), pour un exposé plus détaillé). Nous désignerons par les symboles "W-E" et "E-W" les systèmes situés entre les latitudes aurorales et les latitudes tropicales, correspondant à chaque électrojet, tels qu'ils sont représentés sur la figure 19.

Criteria for identification of S_R in a comparison of records of various observatories can be useful to observers when they have the opportunity of comparing some of their records with some from other observatories: such criteria will be given at the end of chapter 4, when we have given all necessary elements.

3.1 - PROPERTIES OF SD-EVENTS.

In order to describe the properties of SD-events which contribute to the statistical daily SD variation and bring about smooth K-variations, it is useful to refer to the classical diagram of current-systems by which the SD variation has been represented.

Let us recall what are the magnetic effects, at ground level, of these current-systems; the horizontal component of the magnetic vector produced is pointed perpendicularly to the current lines located on the vertical at the place; it is oriented towards the centre of the system when the direction of the currents is counter-clockwise, and towards the exterior when it is clockwise.

Figure 19 gives the classical diagram of SD current-systems: figure 20 gives, for comparison, an analogous diagram relative to the S_q variation. These current-systems are assumed to stay in a fixed position relative to the Sun, since both variations depend on local time.

SD current-systems are symmetrical with respect to local noon (that is to say, with respect to the direction of the Sun). This symmetry corresponds to the fact that, at each latitude, the daily SD variation in H or D consists of a nearly sinusoidal 24 hour wave (for instance, in H, a maximum at 6h and a minimum at 18h at middle latitudes, a minimum at 6h and a maximum at 18h at auroral latitudes); and because the zero-level chosen on these curves is the algebraic mean of the departures, two symmetrical circuits are obtained. Such a symmetry does not appear on the diagram of S_q systems (see fig. 20). Indeed, the S_q curves do not form a sinusoidal 24 hour wave (the variation is more important during the day than at night), and a choice analogous to the preceding one for the zero-level leads to a circuit more intense during the day than at night. If the night-level was chosen as the zero-level, the night system would disappear. This fact shows the importance of the choice of a zero-level.

However, another fact appears on this diagram of SD current-systems, and does not depend on the chosen zero-level. The current density varies greatly with latitude; in particular, it is very large on the auroral zone. This corresponds effectively to the much larger total amplitude of the SD variation at these latitudes. One speaks nowadays of auroral electrojets (westwards electrojet in the morning, eastwards electrojet in the afternoon). It is from this concept that we start to describe the properties of the SD-events contributing to the statistical SD variation; we say that there is an "SD-event" when an auroral electrojet exists. We enumerate the properties of these phenomena from a survey of individual records. Most of the time, the examples given selected from relatively little disturbed days (see ((19)) for a more detailed statement). We shall denote by the symbols "W-E" and "E-W" the current-systems located between the auroral latitudes and the tropical latitudes, corresponding to each electrojet, such as represented in figure 19.

1/ Un électrojet auroral peut exister indépendamment de l'électrojet auroral symétrique⁽¹⁾, par conséquent, l'un des deux systèmes W-E ou E-W du schéma SD classique peut exister sans l'autre. La durée de vie d'un électrojet auroral est limitée le plus souvent à un intervalle de temps qui est très inférieur à 24 h (en général de 5 à 10 h)⁽²⁾; par conséquent, l'onde sinusoidale de 24 heures de la variation statistique SD est un résultat purement statistique. Elle ne doit pas être interprétée comme correspondant à l'existence permanente pendant 24 heures de deux circuits tels que ceux de la fig. 19; elle est seulement causée par l'accumulation statistique d'évènements dont la durée est limitée, mais dont la fréquence d'apparition est plus grande autour de certaines heures locales et dont le sens de variation (positif ou négatif) dépend de ces heures.

Mais, on ne trouve pratiquement jamais sur les enregistrements individuels de la zone aurorale une onde de 24 heures ressemblant à la variation statistique SD (ou Sd)⁽³⁾; par contre, on observe très fréquemment des évènements de durée limitée, positifs avant minuit et négatifs après minuit. Seul l'intérieur de la zone aurorale (latitudes magnétiques E. R. C. supérieures à 72° - 75°) ferait exception, et ceci correspondrait à un phénomène différent. Nous reviendrons sur ce problème au chapitre 4, lors de la description des variations régulières de l'intérieur de la zone aurorale.

2/ Les variations causées par les évènements-SD sont synchrones en temps universel d'une longitude à l'autre⁽⁴⁾, au même titre que les baies (qui contribuent d'ailleurs à former la variation statistique SD). Nous avons déjà mentionné au chap. 1 (cf. p. 43) cette propriété des variations causées par les évènements-SD. Elle est la conséquence du fait que les systèmes de courants correspondants n'existent pas en permanence, mais ont une durée limitée dans le temps; la variation rapide, en fonction

- (1) Voir fig. 21 a et 21 b. Un évènement-SD positif (dont l'amplitude maximum est environ 50 gammas) existe sur H dans la soirée locale à College (fig. 21 a); il correspond à un électrojet auroral W-E, et son effet à Honolulu, de même longitude que College, est clair sous la forme d'une variation négative sur H (dont l'amplitude est d'environ 12 gammas) aux mêmes heures (fig. 21 b). Ceci correspond bien aux effets du système W-E tel que celui de la figure 19 (à droite) dans l'après-midi. Mais à Sodankylä, station aurorale de longitude opposée à celle de College, aucune perturbation n'existe au même moment.
- (2) L'évènement-SD positif apparaissant à College, sur l'enregistrement de la fig. 21 a, existe à peu près entre 3 h et 12 h T. U. La figure 22 donne la reproduction de trois enregistrements consécutifs de College. Les valeurs de Ap pour ces jours sont comprises entre 20 et 40, ce qui correspond à une agitation un peu au-dessus de la moyenne. Le niveau de la courbe de H, entre 11 h et 16 h T. L., est très proche de celui des jours calmes environnants. Il n'y a pas de perturbation à ces moments, et on ne peut parler d'une onde SD continue de 24 heures. Les perturbations (évènements-SD) sont positives sur H avant minuit (électrojet W-E), négatives après (électrojet E-W). Sur le 3ème enregistrement, il y a un intervalle calme entre la perturbation positive d'avant minuit et celle négative qui commence à 3 h. On retrouvera ce même caractère d'une durée limitée des évènements-SD sur les autres exemples que nous donnerons.
- (3) A ces latitudes, l'amplitude de la variation statistique Sq est très petite devant celle du SD; par conséquent le Sd est très proche du SD.
- (4) Voir figure 23. Une variation positive d'allure régulière est la plus grande, à chacune de ces stations de basse latitude, à une heure proche du midi local; elle est causée par le S_p . Mais une variation négative, dont l'allure n'est pas moins régulière, est la plus grande aux trois stations vers 12 h T. U.; il y a cependant 6 heures de différence de longitude entre Honolulu et Kuyper. Elle est en pleine nuit à Honolulu et ne peut, de ce fait, être attribuée au S_R ; à Kuyper, son début est difficile à discerner dans la fin de la variation S_R . On retrouvera ce synchronisme en "temps universel" sur les autres exemples que nous commenterons.

1/ An auroral electrojet can exist independently of the symmetrical auroral electrojet⁽¹⁾; consequently, either of the two W-E or E-W current-systems of the classical SD diagram can exist without the other. The lifetime of an auroral electrojet is most often limited to a time interval which is much shorter than 24 h (in general, from 5 to 10 h)⁽²⁾; consequently, the sinusoidal 24 hour wave of the statistical variation is a purely statistical result. It must not be interpreted as corresponding to the permanent existence, during 24 hours, of two circuits such as those of figure 19; it is merely brought about by the statistical accumulation of events whose duration is limited, but whose frequency of occurrence is higher about certain local hours and whose sense of variation (positive or negative) depends on these hours.

But a 24 hour wave like the statistical variation SD (or Sd) is practically never observed on the individual records of the auroral zone⁽³⁾; on the contrary, events of limited duration, positive before midnight and negative after midnight, are very frequently observed. The only exception is the interior of the auroral zone (E. R. C. magnetic latitudes higher than 72° - 75°) and this would correspond to a different phenomenon. We shall return to this problem in chapter 4, when describing the regular variations of the interior of the auroral zone.

2/ The variations caused by the SD-events are synchronous in universal time from one longitude to another⁽⁴⁾, in the same way as bays (which contribute evidently to form the statistical SD variation). We have already mentioned in chapter 1 (cf. p. 43) this property of the variations caused by the SD-events. The reason is that the corresponding current-systems do not permanently exist, but have a limited duration in time; the rapid variation, as a function of universal time, of the intensity of

-
- (1) See fig. 21 a and 21 b. A positive SD-event (whose maximum amplitude is about 50 gammas) exists in H in the local evening at College (fig. 21 a); it corresponds to a eastwards auroral electrojet, and its effect at Honolulu, with the same longitude as College, appears clearly as a negative H-variation (whose amplitude is about 12 gammas) at the same hours (fig. 21 b). This corresponds effectively to the effects of the W-E system such as that of figure 19 (on the right) in the afternoon. But, at Sodankylä, an auroral station whose longitude is opposite to that of College, no perturbation exists at the same time.
- (2) The positive SD-event occurring at College, on the record of figure 21 a, exists between about 3 h and 12 h U. T. Figure 22 gives the reproduction of three consecutive records of College. The Ap values of these days are between 20 and 40; this corresponds to an agitation slightly above the mean. The H-curve level, between 11 h and 16 h L. T., is very close to that of the neighbouring quiet days. Thus there is no perturbation at these times, and one cannot speak of a continuous 24 h SD-wave. The perturbation (SD-events) are positive in H before midnight (eastwards electrojet), negative after midnight (westwards electrojet). On the third record, there is a quiet interval between the positive perturbation before midnight and the negative one which begins at 3 h. This same feature (a limited duration of SD-events) will be found again in the other examples which we shall give.
- (3) At these latitudes, the amplitude of the statistical Sq variation is very small with respect to that of SD; consequently the Sd is very near to SD.
- (4) See figure 23. A smooth positive variation has its largest amplitude, at each of these low latitude stations, at a time close to local noon; it is caused by the S_R . But a negative variation, whose aspect is no less regular, has its largest amplitude, at the three stations, about 12 h U. T.; however Honolulu and Kuyper are 6 hours in longitude apart. This variation is in the middle of the night at Ho and, consequently, cannot be attributed to the S_R ; at Ku, its beginning is difficult to discern in the tail of S_R variation. Such a R "universal time" synchronism will be found again in the other examples which we shall discuss.

du temps universel, de l'intensité du circuit de courants causé par un électrojet détermine la forme de l'évènement-SD. En particulier, la plus grande amplitude de l'effet causé, correspondant au maximum d'intensité des courants, apparaît au même moment en temps universel.

3/ Aux latitudes aurorales, la morphologie des évènements-SD positifs sur H⁽¹⁾ causés par l'électrojet W-E est différente de celle des évènements-SD négatifs causés par l'électrojet E-W. Les premiers ont parfois une allure assez régulière⁽²⁾, ce qui n'arrive jamais pour les évènements négatifs. Lorsque le début (ou la fin) des évènements positifs est brusque, ce qui est le plus fréquent, il est en général moins brusque que celui des évènements négatifs; de plus les évènements positifs comportent moins de mouvements irréguliers et rapidement variables⁽³⁾.

4/ Les effets de l'électrojet W-E se font toujours sentir aux moyennes et basses latitudes, mais non pas ceux de l'électrojet E-W⁽⁴⁾. Tout se passe comme si seulement les parties les plus rapidement variables des variations causées par l'électrojet E-W s'écoulaient aux basses latitudes. Il suffirait pour vérifier ceci de comparer une série de magnétogrammes des Annuaires de College et de Honolulu.

5/ La différence morphologique existant sur la zone aurorale entre évènements positifs (électrojet W-E) et évènements négatifs (électrojet E-W) se trouve de ce fait accentuée aux moyennes et basses latitudes où les évènements négatifs sur H (électrojet W-E) ont souvent une allure plus ou moins régulière⁽⁵⁾, et parfois très régulière⁽⁶⁾; par contre, les évènements positifs (électrojet E-W) n'ont pratiquement jamais une allure régulière. Il en résulte un fait extrêmement important: les variations-K d'allure régulière, dues à des évènements-SD, sont pratiquement toujours régulières sur H aux moyennes et basses latitudes.

6/ Les effets de l'électrojet W-E se font sentir dans une bande de

-
- (1) Rappelons que les électrojets auroraux étant perpendiculaires au méridien magnétique, leurs effets apparaissent presque uniquement sur H. Lorsque le méridien magnétique au sol diffère du méridien magnétique du système de coordonnées E. R. C., une partie de la perturbation apparaît sur D.
 - (2) Voir figure 21 a, sur l'enregistrement de Co, l'évènement-SD positif autour de 8 h T. U.
 - (3) Voir figure 24 a. Sur l'enregistrement de Co, les évènements appelés A_p^{Co} , B_n^{Co} et C_p^{Co} sont assez représentatifs de ces différences morphologiques entre évènements-SD positifs et négatifs de la zone aurorale.
 - (4) Voir fig. 24a, 24b et 24c. Les évènements A_p^{Co} , B_p^{So} , C_p^{Co} correspondent à un électrojet W-E: A_p^{Co} cause un effet négatif à Ho, Ka (et peut-être MB); B_p^{So} cause un effet négatif à Ka, MB (et peut-être Ho ?); C_p^{Co} cause un effet négatif à Ho, Ka (le début est masqué par un effet positif dû au S_R) et MB. Par contre, B_n^{Co} , bien qu'il soit de plus grande amplitude que A_p^{Co} ou C_p^{Co} , ne cause aucun effet positif à Ho de même longitude; et C_n^{So} cause seulement une baie positive de courte durée à MB et CF.
 - (5) Voir, par exemple, l'effet de C_p^{Co} à Ho, sur la fig. 24 c.
 - (6) Voir, par exemple, l'évènement-SD négatif de Ho de la figure 21 b, correspondant à l'évènement positif de Co de la figure 21 a.

the current-circuit caused by an electrojet determines the shape of the SD-events. In particular, the largest amplitude of the effect caused, corresponding to the maximum intensity of currents, occurs at the same moment in universal time.

3/ At auroral latitudes, the morphology of the positive SD-events in H⁽¹⁾ caused by the eastwards electrojet is not the same as that of the negative SD-events caused by the westwards electrojet. The former sometimes have a rather regular aspect⁽²⁾, and this never occurs for the negative events. When the beginning (or the end) of the positive events is sudden and this is the more frequent, it is generally less sudden than the beginning of the negative events; moreover, the positive events contain fewer irregular or rapidly unsteady movements⁽³⁾.

4/ The eastwards electrojet effects are always felt at middle and low latitudes, but not those of the westwards electrojet⁽⁴⁾. Everything happens as if only the rapidly unsteady parts of the variations caused by the westwards electrojet flowed towards low latitudes. To check this, it would be sufficient to compare a series of records in the College and Honolulu Year-Books.

5/ The morphological difference existing on the auroral zone between positive events (eastwards electrojet) and negative events (westwards electrojet) is hence increased at middle and low latitudes where the negative events in H (eastwards electrojet) have often a more or less regular aspect⁽⁵⁾, and sometimes a very regular aspect⁽⁶⁾; on the contrary, the positive events (westwards electrojet) have practically never a regular aspect. One result is the following very important fact: the smooth K-variations, due to SD-events, are practically always negative in H at middle and low latitudes.

6/ The eastwards electrojet effects are felt in a very extensive longitude

(1) Let us recall that, since the auroral electrojets are perpendicular to the magnetic meridian, their effects appear almost uniquely in H. If the magnetic meridian at ground level differs from that of the E. R. C. coordinate system, part of the perturbation appears in D.

(2) See, on the College record of figure 21 a, the positive event about 8 h U. T.

(3) See figure 24 a. On the College record, the events called A_p^{Co} , B_n^{Co} and C_p^{Co} are well representative of these morphological differences between positive and negative SD-events of the auroral zone.

(4) See fig. 24 a, 24 b and 24 c. The events A_p^{Co} , B_p^{So} , C_p^{Co} correspond to an eastwards electrojet; A_p^{Co} produces a negative effect at Ho, Ka (and, may be, MB); B_p^{So} produces a negative effect at Ka, MB (and, may be, Ho ?); C_p^{Co} produces a negative effect at Ho, Ka (its beginning is blurred by a positive effect due to the S_R) and MB. On contrary, B_n^{Co} , although its amplitude is larger than that of A_p^{Co} or C_p^{Co} , produces no positive effect at Ho (which is on the same longitude); and C_n^{So} produces only a positive bay, of short duration, at MB and CF.

(5) See, for instance, the effect of C_p^{Co} at Ho, on fig. 24 c.

(6) See, for instance, the negative SD-event of Ho on figure 21 b, corresponding to the positive event of Co on figure 21 a.

longitude très étendue aux moyennes et basses latitudes⁽¹⁾, Il en résulte que la dispersion des heures d'occurrence de ces événements, autour de l'heure à laquelle ils arrivent le plus fréquemment, est très grande.

Ces différentes propriétés des événements-SD contribuant à former la variation statistique SD montrent donc que celle-ci n'est qu'une apparence statistique, qui est extrêmement trompeuse du point de vue d'une interprétation des enregistrements individuels. Nous résumerons pour chaque zone de latitudes, au paragraphe suivant, ce qui est essentiel de connaître relativement aux variations-K d'allure régulière.

Cependant l'existence d'un phénomène propre aux basses et moyennes latitudes doit auparavant être mentionné. Il consiste en une "oscillation lente", formée d'un maximum et d'un minimum sur H, dont la durée est d'environ 6 à 8 h et l'amplitude de 10 à 20 gammas; il se produit simultanément en temps universel à toutes les longitudes, et a le même sens de variation à toutes les longitudes⁽²⁾.

L'origine d'un tel phénomène est probablement exosphérique⁽³⁾. Il ne semble pas très fréquent⁽⁴⁾; et son amplitude faible empêche souvent de le distinguer du S_R dans la journée⁽⁵⁾. Il peut cependant causer dans la nuit des variations-K d'allure régulière, dont une partie est constituée par un effet positif. Si de tels phénomènes n'existaient pas, il serait possible d'affirmer que les variations-K d'allure régulière, aux moyennes et basses latitudes, sont constituées uniquement par des effets négatifs; l'existence des "oscillations lentes" l'empêche.

-
- (1) Ainsi (fig. 24a, 24b et 24c), l'effet négatif sur H de l'évènement C_{Co}^P est encore très fort à MB qui est cependant plus de 8 h à l'Est de Co et il est P également net à Ka qui est 4 h à l'Ouest. Si nous nous référons au schéma de droite de la figure 19, le système W-E a donc une extension en longitude très supérieure à 12 h. Ceci est confirmé par l'existence d'un effet Est sur D à CF dans les dernières heures de la nuit locale (il correspond aux lignes de courant parallèles aux méridiens et situées du côté nuit du système W-E) et par celle d'un effet Ouest sur D à Ka dans l'après-midi local du 1er Juin où le maximum Ouest, beaucoup plus fort que celui du 31 Mai, est dû à la fois au S_R et à cet effet Ouest (il correspond aux lignes de courant parallèles aux méridiens et situées du côté jour du système W-E). Une remarque analogue peut être faite à propos de l'évènement A_{Co}^P : il cause un effet Est dans la nuit locale à Fr et Tu, mais un effet Ouest à P CF; en ce cas, le système W-E correspondant à cet évènement recouvrirait donc une bande de longitude qui va (en tournant vers l'Est) de CF à Fr.
 - (2) La figure 25a donne un exemple de ce phénomène. La fin de l'oscillation est masquée à Ba et MB par le début du S_R du jour suivant; en ces deux stations elle est dans la nuit locale. Aux trois autres stations, elle est superposée au S_R et est donc plus difficile à identifier; son maximum (M) et son minimum (m) sont cependant nettement synchrones en temps universel à Te et Ho. La comparaison de Ka avec Ho et Te permet de déceler son existence à cette station.
 - (3) La figure 25b donne les enregistrements de stations aurorales aux mêmes heures que l'oscillation lente de la figure 25a. C'est l'absence de toute perturbation aurorale qui permet de supposer que ce phénomène est d'origine exosphérique.
 - (4) Une liste provisoire, établie pour 1959 ((19)), comprend 27 cas, dont 9 sont assez sûrs, 11 probables et 7 possibles.
 - (5) Voir figure 26. Apparemment, dans la journée, la variation d'allure régulière ressemble au S_R de ces stations. En fait, si le premier minimum est en temps local aux trois stations, le maximum et le minimum qui suivent sont en "temps universel". Ceci est causé par la présence d'une "oscillation lente".

band at middle and low latitudes⁽¹⁾. Consequently, the dispersion of the times of occurrence of these events, about the time at which they occur most frequently, is very large.

These various properties of the SD-events contributing to the statistical SD variation therefore show that it is merely a statistical appearance, which is extremely fallacious from the point of view of an interpretation of individual records. We shall summarize for each latitude zone, in the following paragraph, what it is essential to know about the smooth K-variations.

However the existence of a phenomenon peculiar to low and middle latitudes must first be mentioned. It consists of a "slow oscillation", made up of a maximum and a minimum in H, whose duration is about 6 to 8 hours and amplitude about 10 to 20 gammas; it occurs simultaneously in universal time at all longitudes, and has the same sense of variation at all longitudes⁽²⁾.

The origin of such a phenomenon is probably exospheric⁽³⁾. It does not seem very frequent⁽⁴⁾; and its small amplitude often prevents one distinguishing between it and S_R during the day⁽⁵⁾. However it can bring about at night some smooth K-variations, part of which is made up of a positive effect. If such phenomena did not exist, one could assert that the smooth K-variations, at middle and low latitudes, consist only of negative effects; the existence of the "slow oscillations" precludes this.

-
- (1) Thus (fig. 24a, 24b and 24c), the negative effect in H of the C_{Co}^{Co} event is still very strong at MB (this station is however more than 8 h East of P_{Co}) and it is likewise clear at Ka (this station is 4 h West of Co). If one refers to the right-hand diagram of figure 19, the system W-E has therefore a longitude extension much greater than 12 h. This fact is corroborated by the existence of an East effect in D at CF during the last hours of the local night (it corresponds to the current lines parallel to the meridians and located on the night side of the system W-E) and by the existence of a West effect in D at Ka in the local afternoon of the 1st June during which the West maximum, much stronger than the maximum of the 31st May, is due both to the S_R and to this West effect (it corresponds to the current lines parallel to the meridians and located on the day side of the system W-E). The same remark can be made about the A_{Co}^{Co} event: it produces an East effect in the local night at Fr and Tu, but a West P effect at CF; in this case, the system W-E corresponding to this event, would cover a longitude band extending eastwards from CF to Fr.
- (2) Figure 25a gives an example of this phenomenon. The end of the oscillation is masked at Ba and MB by the beginning of the S_R of the following day; at these two stations, it occurs in the local night. At the other three stations, it is superposed on S_R and therefore is more difficult to identify; its maximum (M) and minimum (m) are however clearly synchronous in universal time at Te and Ho. The comparison of Ka with Ho and Te enables one to recognize its existence at this station.
- (3) Figure 25b gives the records of auroral stations at the same hours as the slow oscillation of figure 25a. It is the absence of any auroral perturbation which permits one to assume that this phenomenon is of exospheric origin.
- (4) A provisional list, established for 1959 ((19)), comprises 27 cases, 9 of which are fairly sure, 11 probable and 7 possible.
- (5) See figure 26. Apparently, during the day, the smooth variation looks like the S_R of these stations. In fact, the first minimum is in local time at the three stations; but the maximum and the minimum which follow are in "universal time". This is caused by the presence of a "slow oscillation".

3.2 - DESCRIPTION DES VARIATIONS-K D'ALLURE REGULIERE.

Résumons maintenant, pour chaque zone de latitudes, quelles sont les variations-K d'allure régulière qui risquent d'être confondues avec le S_R , c'est-à-dire qui empêchent de baser l'identification du S_R sur un pur lissage des enregistrements en s'appuyant sur les parties "calmes" de la courbe. En même temps, nous précisons quelles sont les variations-K d'allure régulière que l'observateur peut identifier à partir des enregistrements d'un seul observatoire et celles qu'il ne peut pas identifier et dont par conséquent il ne doit pas se préoccuper.

Notons d'abord que, à toutes les latitudes magnétiques E. R. C. inférieures à 72° - 75° (1), la variation journalière SD est une réalité purement statistique: elle ne peut être retrouvée sur les enregistrements individuels sous la forme du $S_d = S_q + SD$. Il est intéressant cependant pour les observateurs de disposer de la variation statistique journalière SD de H: celle-ci leur permettra de connaître l'heure la plus probable des événements-SD de H ayant un sens donné (maximum: événements positifs, minimum: événements négatifs).

3.2.1 - Latitudes aurorales.

Cette première zone correspondrait approximativement aux latitudes magnétiques E. R. C. comprises entre 72° et 58° .

1/ Les seules variations-K d'allure régulière qui risquent d'être confondues avec le S_R sont des variations positives sur H telles que celle de la figure 21a (College). La figure 27 reprend cet enregistrement et, le comparant à celui du jour précédent⁽²⁾, montre comment traiter un tel cas. Ces variations ont lieu seulement à des heures proches du maximum de la courbe SD (+ 3 à 4 h peut-être).

2/ Le S_R de ces latitudes étant relativement simple, tout au moins sur H, les seuls risques de confusion peuvent provenir d'une trop petite sensibilité des enregistrements. La figure 28 montre, pour deux enregistrements de Tromsø de sensibilité différente, comment la morphologie peut dépendre de la sensibilité. En ce jour, à Tromsø, il ne faudrait pas confondre, autant que possible, sur l'enregistrement de faible sensibilité la variation-K d'allure régulière avec le maximum du S_R qui se produit en cette station vers ces heures locales, mais qui est beaucoup plus faible en général.

3.2.2 - Latitudes moyennes.

Cette seconde zone correspondrait approximativement aux latitudes magnétiques E. R. C. comprises entre 55° et 25° .

1/ L'existence possible d'"oscillations lentes" sur H ne peut être reconnue dans la nuit. Il suffit que l'observateur sache qu'elles peuvent causer un faible maximum suivi d'un faible minimum, qui sont des variations-K. Le plus souvent, elles ne pourront pas être identifiées dans la journée, et l'observateur ne doit pas s'en

(1) Les latitudes supérieures à 72° - 75° feront l'objet d'une description spéciale au chap. 5.

(2) L'enregistrement du jour précédent est donné ici seulement pour montrer ce qu'est une situation de nuit à College par temps très calme. L'interprétation proposée ne consiste pas à projeter la courbe du 21/9 sur celle du 22/9; mais, parce qu'une variation positive nocturne ne peut être causée à College par le S_R , cette interprétation consiste à interpoler au mieux entre 17h le 22/9 et 2h le 23/9 en imaginant une "forme possible" du S_R dans l'après-midi. Celle-ci est, en ce cas, très proche de celle du jour précédent; il ne faudrait pas considérer qu'il en est toujours ainsi.

3.2 - DESCRIPTION OF SMOOTH K-VARIATIONS.

We shall now summarize, for each latitude zone, what are the smooth K-variations which may be confused with S_R , that is to say which prevent basing the S_R identification on a pure smoothing of records, by using the "quiet" parts of the curve. At the same time, we shall specify what are the smooth K-variations which the observer can identify from records of only one observatory and those which he cannot identify and about which he must not worry.

Let us first note that, at all E. R. C. magnetic latitudes lower than $72^\circ - 75^\circ$ ⁽¹⁾, the daily SD variation is a purely statistical result: it cannot be detected on the individual records in the form of $S_d = S_q + SD$. However for the observers, it is interesting to have at their disposal the statistical daily SD variation of H; this will enable them to know the most probable hour of SD-events in H having a given sense (maximum: positive events, minimum: negative events).

3.2.1 - Auroral latitudes.

The first zone would approximately correspond to E. R. C. magnetic latitudes included between 72° and 58° .

1/ The only smooth K-variations which may be confused with the S_R are positive variations in H such as those of figure 21a (College). Figure 27 gives again this record and, by comparing it with that of the preceding day⁽²⁾, shows how to deal with such a case. These variations occur only at times rather close to the SD-curve maximum (± 3 to 4 hours, perhaps).

2/ As the S_R of these latitudes is relatively simple (at least in H), the only risk of confusion can arise from too small a sensitivity of records. Figure 28 shows, for two Tromsø records of different sensitivity, how the morphology can depend on the sensitivity. On this day, as far as possible, the smooth K-variation must not be confused on the low sensitivity record with the S_R maximum which occurs at this station a little later, but which is in general much smaller.

3.2.2 - Middle latitudes.

This second zone would approximately correspond to E. R. C. magnetic latitudes included between 55° and 25° .

1/ The possible existence of "slow oscillations" in H can be recognized only at night. It is enough that the observer know that they can produce a slight maximum followed by a slight minimum, which are K-variations. Most often, they cannot be identified during the daytime, and the observer must not worry about them at these hours.

(1) The latitudes higher than $72^\circ - 75^\circ$ will be dealt with in chapter 5.

(2) The record of the preceding day is given here only in order to show what is a night curve at College in a very quiet period. The interpretation proposed does not mean that the curve of 21/9 is superposed on that of 22/9; but, because a nocturnal positive variation cannot be caused at College by the S_R , this interpretation is an interpolation between 17h on 22/9 and 2h on 23/9 by imagining a "possible form" of the S_R in the afternoon. This one is, in this case, very close to that of the preceding day; one must not consider that it is always so.

préoccuper à ces heures.

2/ Sur la composante H, les autres variations-K d'allure régulière sont uniquement négatives. Elles peuvent se produire à des heures assez dispersées (± 6 ou 8 heures) autour du minimum de la courbe SD de H. Cette dispersion est due à l'extension très grande, en longitude, des effets de l'électrojet auroral W-E.

Aux latitudes supérieures de cette zone, elles sont de même sens que la variation S_R qui est principalement négative, et tendent donc à l'accentuer sans s'en distinguer clairement pendant les heures de jour; aux latitudes inférieures, elles apparaîtront parfois mieux parce que l'amplitude du S_R de H est faible.

Dans toute cette zone l'observateur ne doit pas être préoccupé outre mesure des risques de confusion de variations-K d'allure régulière avec le S_R . En effet, d'une part, les mouvements brusques que comportent le plus souvent les événements-SD de la zone aurorale apparaissent encore; ils permettent donc en gros d'en suspecter l'existence et d'être alors prudent en interprétant le S_R . D'autre part, ou bien l'évènement a une durée assez courte (3 à 5 h) et cause alors une variation aisément identifiable (par exemple l'évènement A_p^{Co} de la figure 24), ou bien il a une durée nettement plus longue (8 à 10 heures) et il abaisse alors le niveau général de la courbe (par exemple l'évènement C_p^{Co} de la figure 24): or l'indice K, mesuré sur un intervalle de 3 heures, sans niveau de référence (Première Partie, ch. 1, p. 4), répond mal à ce type de variation de longue durée, sinon en son début et en sa fin.

3/ Pour la composante D, l'heure du minimum de la courbe SD de H représente une ligne de démarcation assez floue⁽¹⁾ entre variations-K d'allure régulière, ou plus ou moins régulière, vers l'Ouest⁽²⁾ (avant cette heure) et vers l'Est⁽²⁾ (après cette heure). Les secondes, plutôt nocturnes, seront ordinairement aisément reconnues. Les premières se superposeront presque toujours au S_R ⁽³⁾. Etant donné que leur sens ne peut être déterminé a priori comme il peut l'être pour H⁽⁴⁾ et que les dernières remarques faites à propos de la composante H sont également valables, l'observateur doit encore moins se préoccuper de telles variations-K d'allure régulière sur la composante D que de celles de H pendant la journée: en cas de doute sur la composante D, la préférence sera donnée à l'interprétation d'une variation d'allure régulière par le S_R plutôt que par un évènement-SD⁽⁵⁾.

3.2.3 - Basses latitudes.

Cette troisième zone correspond approximativement aux latitudes magnétiques E. R. C. inférieures à 25° .

1/ Les "oscillations lentes": se reporter au 1/ du § 3.2.2.

(1) Ceci, par suite encore de l'extension en longitude des effets de l'électrojet W-E

(2) Ce sens est inversé dans l'hémisphère Sud.

(3) Ainsi (voir fig. 24c), le S_R de D du 1er juin à Ka est certainement déformé par l'évènement C_p^{Co} .

(4) Ainsi (voir fig. 24b), le matin du 31 mai, un évènement-SD cause un effet Ouest à CF, mais le matin du 1er juin, un évènement-SD (dû également à un électrojet W-E) cause un effet Est à la même station.

(5) Ainsi la courbe de D du 1er juin à Ka (fig. 24c) peut être lissée comme si elle représentait le S_R : il est absolument impossible, et inutile, de chercher une autre interprétation.

2/ In the H-component, the other smooth K-variations are negative only. They can occur at rather scattered hours (\pm 6 to 8 hours) around the minimum of the SD curve of H. This spread is due to the great longitudinal extension of the effects of the eastwards auroral electrojet.

At higher latitudes of this zone, they are of the same sense as the S_R variation (which is chiefly negative) and, therefore, tend to increase it without being clearly distinct from it during day time; at lower latitudes, they will sometimes appear clearer because the amplitude of the S_R of H is small.

In this whole zone, the observer must not worry too much about the danger of confusion of smooth K-variations with the S_R . Indeed, on the one hand, the sudden movements, which most often make up the SD-events of the auroral zone, still appear; they make it possible therefore to suspect the existence of K-variations and so to be cautious when interpreting the S_R . On the other hand, either the event has a rather short duration (3 to 5 hours) and then produces a variation easy to identify (for instance, the event A_p^{Co} of figure 24); or else the event has a distinctly longer duration (8 to 10 hours), and depresses, therefore, the general level of the curve (for instance, the event C_p^{Co} of figure 24): now the K index, measured on a three-hourly interval without reference level (cf. First Part, ch. 1, p. 4) is not very sensitive to this kind of variation of long duration, except at its beginning and end.

3/ In the D-component, the hour of the minimum of the SD curve of H represents a rather blurred demarcation line⁽¹⁾ between the smooth (or more or less smooth) westwards⁽²⁾ (before this hour) and eastwards⁽²⁾ (after this hour) K-variations. The latter are primarily nocturnal; they will generally be easily recognized. The former will almost always be superposed on the S_R ⁽³⁾. Since the sense of the smooth K-variation in D cannot be determined a priori as in H⁽⁴⁾, and since the last remarks we have made about H are still valid for D, the observer must pay still less attention to such smooth K-variations in D than to those in H during the day; if there is some doubt about this component, preference will be given to the interpretation of a smooth variation by S_R rather than by an SD-event⁽⁵⁾.

3.2.3 - Low latitudes.

This third zone corresponds approximately to E. R. C. magnetic latitudes lower than 25° .

1/ The "slow oscillations": refer to 1/ of § 3.2.2.

-
- (1) Because of the longitude extension of the effects of the eastwards electrojet.
 (2) This sense is reversed in the Southern hemisphere.
 (3) Thus (see fig. 24c), the S_R of D, on the 1st June, at Ka is certainly deformed by the event C_p^{Co} .
 (4) Thus (see fig. 24b), on the morning of 31st May, an SD-event produces a westwards effect at CF; but, on the morning of 1st June, an SD-event (due also to a eastwards electrojet) produces an eastwards effect at the same station.
 (5) Thus, the D-curve of the 1st June at Ka (see fig. 24c) can be smoothed as if it represented the S_R : it is absolutely impossible, and useless, to look for another interpretation.

2/ Sur H, les autres variations-K d'allure régulière, ou plus ou moins régulière, sont uniquement négatives⁽¹⁾. Elles peuvent se produire à des heures assez dispersées par rapport au minimum de la courbe statistique SD (+ 8 à 10 h peut être). Elles sont extrêmement fréquentes et peuvent se produire même en des jours apparemment relativement calmes (fig. 21 et 23). La distance à la zone aurorale devenant plus grande, l'atténuation des mouvements brusques qu'elles peuvent présenter est plus grande, et les risques de confusion avec le S_R sont accrus. Mais au contraire de la zone précédente, elles apparaissent mieux, lorsqu'elles se superposent au S_R , puisque celui-ci est principalement positif.

On sait que la latitude du foyer du système de courants causant la variation S_R des latitudes sub-polaires peut varier de manière importante autour d'une latitude moyenne (au moins 15°). Il en résulte que le S_R de H des stations situées aux latitudes supérieures de cette troisième zone présente beaucoup plus souvent que le S_R des stations situées aux latitudes inférieures des mouvements secondaires plus ou moins complexes; ils ont l'apparence de minimums secondaires dans une variation principalement positive, et les risques de confusion avec les variations-K négatives d'allure régulière sont plus grands. Il est donc nécessaire de subdiviser cette zone en deux sous-zones, qui peuvent être déterminées par les parallèles d'égale latitude magnétique⁽²⁾ à l'altitude de la couche E; la latitude moyenne du foyer est en effet elle-même déterminée en gros par ce paramètre. La figure 29 permet de situer ces sous-zones.

Par conséquent, dans une première sous-zone ($\pm 15^\circ$ environ de part et d'autre de l'équateur magnétique), le S_R de H ne comporte que très rarement de tels mouvements secondaires. Une variation négative d'allure régulière est donc à peu près certainement une variation-K.

Dans l'autre sous-zone (deux bandes de latitudes d'environ 15° de large, situées au Nord ou au Sud de la première sous-zone), la discrimination entre S_R et variations-K négatives d'allure régulière est plus difficile. Les règles pratiques qui seront énoncées au paragraphe suivant viseront à diminuer le plus possible cette difficulté réelle pour les observateurs de cette zone.

3/ Sur la composante D, les variations-K d'allure régulière deviennent très faibles; au contraire de celles existant sur H, les observateurs n'ont pratiquement pas à s'en préoccuper.

3.3 - REGLES PRATIQUES POUR UNE DISCRIMINATION ENTRE S_R ET VARIATIONS-K.

Les règles que nous énoncerons ont pour but d'orienter le jugement personnel de l'observateur (nous avons dit que ce jugement personnel reste toujours déterminant dans une mesure qui doit être faite à partir des enregistrements d'un seul observatoire) et de réduire les divergences possibles, dans les cas douteux, en indiquant une "ligne de conduite" commune à suivre par tous les observateurs.

La première règle est d'ordre général; les règles suivantes concerneront des niveaux d'agitation de plus en plus faibles.

(1) Notons que la phase principale d'un orage, qui n'est pas précédée nécessairement par un début brusque, n'échappe pas à cette règle. Elle peut parfois avoir une apparence relativement régulière.

(2) La latitude magnétique est calculée, à partir de l'inclinaison, par la formule du dipôle $\text{tg } \varphi = \frac{1}{2} \text{tg } I$.

2/ In H, the other smooth (or more or less smooth) K-variations are only negative⁽¹⁾. They can occur at times rather scattered with respect to the minimum of the statistical SD curve (± 8 to 10 hours, maybe). They are extremely frequent and can occur even on relatively quiet days (fig. 21 and 23). Because the distance from the auroral zone is greater in this third zone, the sudden movements which the SD-events can present are more attenuated and the dangers of confusion with the S_R are consequently increased. But, contrary to the preceding zone, they appear clearer when they are superposed on S_R since the latter is chiefly positive.

One knows that the latitude of the focus of the S_R current system of the sub-polar latitudes can vary greatly about a mean latitude (15° at least). Consequently, the S_R of the stations located in the higher latitudes of this zone presents some more or less complex secondary movements, much more often than the S_R of the stations located in the lower latitudes; they have the appearance of secondary minimums in a mainly positive variation and the danger of confusion with the smooth negative K-variations are greater. Therefore, it is necessary to subdivide this zone into two sub-zones, which can be determined by the parallels of equal magnetic latitude⁽²⁾ at the altitude of the E layer; the mean latitude of the focus is indeed approximately determined by this parameter. Figure 29 permits one to locate these sub-zones.

Thus, in a first sub-zone (about $\pm 15^\circ$ on each side of the magnetic equator), the S_R of H only seldom presents such secondary movements. Therefore, a smooth negative variation is nearly certainly a K-variation.

In the other sub-zone (two latitude bands about 15° wide, located North or South of the first sub-zone), the discrimination between S_R and smooth negative K-variations is more difficult. The practical rules which will be stated in the following paragraph aim to decrease this real difficulty as much as possible for observers of this zone.

3/ In the D component, the smooth K-variations become very weak. As opposed to those occurring in H, observers need pay no attention to them in practice.

3.3 - PRACTICAL RULES FOR A DISCRIMINATION BETWEEN S_R AND K-VARIATIONS.

The rules we shall enumerate intend to guide the personal judgement of the observer (we have said that this personal judgement always remains decisive in a measurement which must be made from the records of only one observatory) and to reduce the possible discrepancies in doubtful cases, by indicating a common "line of conduct" to be followed by all observers.

The first rule is of general application; the following rules will deal with more and more weak levels of agitation.

(1) Note that the main phase of a storm, which is not necessarily preceded by a sudden commencement, is no exception to this rule. It can be sometimes have a relatively smooth shape.

(2) The magnetic latitude φ is computed from the dip I by the dipole formula $\text{tg } \varphi = \frac{1}{2} \text{tg } I$.

REGLE 1 - "L'observateur doit effectuer en s'appuyant sur les variations d'allure régulière, un lissage⁽¹⁾ de l'enregistrement, tel qu'il corresponde à une forme possible du S_R . Les "parties calmes" de l'enregistrement, représentant peu ou pas de variations brusques, constituent l'élément déterminant qui le guidera au cours de ce lissage. Il doit seulement être conscient de l'existence possible des variations-K d'allure régulière, ou plus ou moins régulière, décrites au § 3.2. afin de les éliminer autant que possible de ce lissage."

Le but de cette règle est d'éviter dans l'avenir l'emploi de deux méthodes extrêmes, qui, l'une et l'autre, ont été utilisées. La première, appelée méthode de l'"iron curve" par J. Bartels, consistait à projeter sur l'enregistrement un calque de la variation S_q , et à mesurer, comme variation-K, les écarts à cette courbe moyenne: la variabilité jour-à-jour du S_R s'oppose absolument à son emploi. La seconde consisterait à se fier uniquement à l'allure générale de la courbe sans tenir compte de l'existence possible de variations-K d'apparence plus ou moins régulière.

La règle 1 se situe entre ces deux extrêmes: le lissage effectué doit être tel qu'il corresponde à une "forme possible" du S_R . Ceci suppose donc que l'observateur a l'expérience de la variabilité plus ou moins grande des différentes "formes" que le S_R peut présenter en son observatoire.

Le seul élément dont dispose alors l'observateur pour identifier le S_R , un jour donné, est constitué par les "parties calmes" de l'enregistrement. Il est donc évident que la précision de l'identification dépend de l'existence et de la durée de ces parties calmes. Les règles suivantes décriront l'attitude très souple que l'observateur doit avoir à cet égard. Le point essentiel est en effet que la précision avec laquelle l'identification et élimination du S_R ont besoin d'être faites varie en sens inverse de l'intensité de l'activité.

La figure 30 donne un exemple, pour une station de latitude subaurorale, du type de lissage que l'on peut effectuer en s'appuyant sur les parties calmes des enregistrements. La figure 31 donne un autre exemple pour une station de basse latitude où les mouvements secondaires du S_R sont beaucoup plus complexes, et où, l'activité étant plus faible, le poids que l'on peut donner aux parties "calmes" est plus grand. Nous reviendrons sur ce fait à l'occasion des règles 5 et 6⁽²⁾.

-
- (1) Ce lissage sera fait mentalement, la plupart du temps, par un observateur entraîné; dans les cas plus difficiles, il pourra être utile de le visualiser par un tracé au crayon (cf. Première Partie, ch. 3, p. 8-9).
 - (2) Remarquer en particulier que, sur la fig. 31, les mouvements secondaires de la courbe de H sont plus fidèlement "lissés" dans la matinée que dans l'après-midi (cf. § 3.2.2). De plus, le minimum secondaire, vers 16 h, le 16 juin, qui est assez tôt et apparemment très calme est interprété comme appartenant au S_R , mais celui du 15 juin est plus tard, déborde dans la nuit, et la courbe est moins calme; il est interprété comme étant un événement-SD. Enfin l'interprétation proposée le 14 juin vers 16-18h, peut sembler curieuse; on remarquera cependant que le niveau nocturne du 14 au 15 est beaucoup plus bas que celui du 13 au 14; une telle dépression du champ est manifestement due à une perturbation; l'interprétation proposée tient compte de ce fait. Nous reviendrons ultérieurement sur l'intérêt très grand que présente la variation jour-à-jour du niveau nocturne pour identifier la présence de perturbations.

RULE 1 - "The observer should carry out, by following the smooth variations, a smoothing⁽¹⁾ of the record such that it corresponds to a possible form of the S_R . The "quiet" parts of the records, presenting little or no sudden variation, will guide him in this smoothing. However he must be conscious of the possible existence of smooth (or moderately smooth) K-variations as described in § 3.2 in order to eliminate them, as far as possible, from this smoothing".

The aim of this rule is to avoid in future the use of two extreme methods, which have both been used. The first, called the "iron curve" method by J. Eartels, consisted in superposing on the record a tracing of the mean S_q variation and in measuring, as being a K-variation, the departures from this mean-curve. The day-to-day variability of S_R essentially precludes this method. The second method consists in relying only on the general trend of the record, without taking into account the possible existence of more or less smooth K-variations.

Rule 1 avoids these two extremes: the smoothing carried out must be such as to correspond to a "possible form" of the S_R . Therefore, this presupposes that the observer has experience of the considerable variety of "shapes" which S_R may present at his observatory.

It is clear that in order to identify S_R on a given day, the observer must rely on the "quiet parts" of the record, and it is evident that the precision of the identification depends on the existence and duration of these quiet parts. The following rules indicate the very flexible attitude which the observer must have in this respect. Indeed the precision with which the identification and the elimination of S_R need to be made varies almost inversely as the intensity of the activity.

Figure 30 gives an example, for a subauroral station, of the type of smoothing which can be made by following the quiet parts of the records. Figure 31 gives another example, for a low latitude station where the secondary movements of S_R are much more complex and where the weight which one can give to the "quiet" parts is greater because the activity is weaker. We shall return to this point in rules 5 and 6⁽²⁾.

-
- (1) This smoothing will be made mentally most of the time by an experienced observer; in the more difficult cases, it can be useful to visualize it by a pencil-drawing (cf. First Part, ch. 3, p. 8-9).
- (2) Notice in particular that, on fig. 31, the secondary movements of the H-curve are more faithfully smoothed in the morning than in the afternoon (cf. § 3.2.2). Moreover, the secondary minimum, about 16h, the 16th June, which is rather early and apparently very quiet, is interpreted as belonging to S_R . But that of the 15th June is later, overlaps into the night and the curve is less quiet; it is interpreted as being an SD-event. Finally, the interpretation proposed, on the 14th June about 16h-18h, may seem curious; however one can see that the night level of the 14th to the 15th is much lower than that of the 13th to the 14th: such a field depression is evidently due to a perturbation; the interpretation proposed takes this fact into account. We return later to the very great interest which the day-to-day variation of the night level presents for identifying the presence of perturbations.

REGLE 2 - "La possibilité d'un tel lissage, aussi bien que son utilité pratique au point de vue des mesures, diminue rapidement quand le niveau de l'agitation croît. Souvent il suffira de le faire seulement pour certaines parties de l'enregistrement."

Cette règle complète la première, en soulignant qu'il serait vain de vouloir à tout prix chercher à effectuer tous les jours une identification du S_R ; par là-même, elle voudrait introduire dans les mesures de l'indice K ce que nous avons exprimé dans l'Introduction: "une très grande souplesse, basée sur l'appréciation intelligente de l'importance relative qu'il faut attacher à l'identification et à l'élimination du S_R " (cf. p. 2). Il serait entièrement vain, lorsque le S_R est masqué par l'agitation, d'utiliser une méthode analogue à celle de l'"iron curve" (soit par l'emploi d'une courbe S_q , soit par l'emploi du S_R d'un jour calme proche)⁽¹⁾; les règles 3 et 4 donneront quelques indications supplémentaires à ce sujet.

Le niveau d'activité au-dessus duquel il devient pratiquement inutile de faire l'identification du S_R varie rapidement en fonction de la latitude puisqu'il dépend des amplitudes relatives des variations-K et du S_R . Donnons quelques valeurs indicatives. Pour les latitudes E. R. C. supérieures à environ 65° , ce niveau serait situé vers $A_p = 10$; pour les latitudes comprises entre 55° et 45° , vers $A_p = 50$. Dans la zone où l'amplitude du S_R est faible sur H, il serait plus bas (vers $A_p = 30$); mais de nouveau vers $A_p = 50$ dans la zone située à $\pm 15^\circ$ de latitude de l'équateur magnétique. Par contre, sous l'électrojet équatorial, par suite de l'amplification de l'activité dans la journée, ce niveau serait plutôt inférieur à $A_p = 30$.

La figure 32 montre, pour College, l'inutilité d'une telle identification dès que le niveau de A_p devient supérieur à 10. Ce fait sera ordinairement plus marqué sur la composante H sur laquelle l'agitation est plus grande aux hautes latitudes. La figure 33 donne un exemple analogue pour des enregistrements de très basse latitude.

REGLE 3 - "Les jours consécutifs à un orage, l'allure générale de la courbe de H peut présenter un aspect profondément différent du S_R normal, particulièrement aux basses latitudes. Le lissage sera fait cependant sans trop s'écarter de cette allure générale."

Nous expliquerons d'abord, à l'aide des figures 34a et 34b, cette règle apparemment paradoxale. Ces figures donnent une succession d'enregistrements de Guam et Honolulu; un orage débute un peu après 4 h T. U., le 25/9/1958⁽²⁾. A Guam, le début du S_R de H du 25/9 était à peu près semblable à celui que l'on peut voir au début du 29/9 (dernier enregistrement); il apparaît donc que, les 26, 27 et 28, l'amplitude de la variation journalière est anormalement faible. Les enregistrements de Honolulu présentent le même aspect, et ceci d'une manière encore plus accentuée. Ce fait, relativement fréquent après un orage, correspond à l'existence d'évènements-SD dont l'effet négatif l'emporte de beaucoup sur l'effet positif; le premier s'oppose dans la journée

(1) Aux latitudes moyennes, par exemple, la variabilité de forme du S_R de H est très grande; si le S_R d'un jour donné est complètement masqué par l'agitation, on ne peut supposer a priori qu'il est semblable à celui d'un jour proche où il est identifiable. Il vaut mieux s'abstenir de toute interprétation.

(2) Soit 14h T. L. le 25/9 à Guam, et 17h T. L. le 24/9 à Honolulu.

RULE 2 - "The possibility of such a smoothing, and its practical usefulness from the point of view of the measurements, diminishes rapidly as the agitation level increases. Often it will be sufficient to make it only for certain parts of the record".

This rule complements the first by underlining that it would be futile to insist upon carrying out every day an identification of S_R . As stated in the Introduction, an intelligent estimation of the relative importance must be given to the identification and the elimination of the daily variation (cf. p. 2). It would be entirely unrealistic when S_R is masked by agitation, to use a method analogous to that of the "iron-curve" (either by the use of an Sq-curve, either by the use of S_R observed on a neighbouring quiet day)⁽¹⁾; rules 3 and 4 will give additional indications on this point.

The activity level, above which it becomes practically useless to make the S_R identification, varies rapidly with the latitude since it depends on the relative amplitudes of the S_R and K-variations. As an indication, for E. R. C. latitudes higher than about 65° , this level would be about $A_p = 10$; for the latitude included between 55° and 45° , about $A_p = 50$. In the zone where the S_R amplitude is small in H, it would be lower (about $A_p = 30$); but again about $A_p = 50$ in the zone located at $\pm 20^\circ$ from the magnetic (dip) equator. On the contrary, beneath the equatorial electrojet, because of the amplification of the activity during the day, this level would be somewhat lower than $A_p = 30$.

Figure 32 shows, for College, the uselessness of such an identification as soon as the A_p level is higher than 10. This fact will be ordinarily more marked in the H-component because the agitation is greater in it at high latitudes. Figure 33 gives an analogous example for records from a very low latitude.

RULE 3 - "On days following a storm, the general aspect of the H-curve can be profoundly different from the normal S_R , particularly at low latitudes. The smoothing should be carried out however without departing too much from the observed H-curve".

We shall first explain this apparently paradoxical rule with the aid of figures 34a and 34b. These figures give a series of records from Guam and Honolulu; a storm begins a little after 4h U. T., on 25/9/1958⁽²⁾. At Guam the commencement of the S_R of H, on the 25th September, was nearly similar to that which can be seen at the beginning of the 29th September (last record); it therefore appears that on the 26th, 27th and 28th, the amplitude of the daily variation is abnormally small. The Honolulu records present the same aspect, and this in a still more definite manner. This fact, relatively frequent after a storm, corresponds to the existence of SD-events whose negative effect greatly prevails over the positive effect; the former

(1) At middle latitudes, for instance, the variability in shape of the S_R of H is very large; if the S_R of a given day is entirely masked by agitation, one cannot presuppose, a priori, that it is similar to that of a neighbouring quiet day. It is better to abstain from any interpretation.

(2) i. e. 14h L. T. on the 25th September at Guam, and 17h L. T. on the 24th September at Honolulu.

à la variation journalière S_R et tend à l'effacer (les courbes de D, qui présentent par contre un aspect à peu près normal, montrent que le S_R existe bien); et il l'efface mieux à Ho qu'à Gu parce que, en cette station de latitude plus élevée, le S_R est moins fort. Ceci est une nouvelle illustration des propriétés des événements-SD décrites au § 3.1. : au point de vue des variations d'allure plus ou moins régulière, l'effet causé est pratiquement uniquement négatif. Une variation d'apparence régulière, analogue à la courbe Sd de ces stations, avec un maximum vers 8h T.L. et un minimum vers 20h T.L., n'apparaît absolument pas.

Faudrait-il donc en de tels jours essayer de mesurer cet effet en restituant un S_R fictif représenté par une courbe Sq ? Ceci serait ouvrir la porte à des choix difficiles et arbitraires. Aussi la méthode qui semble alors la plus objective est celle qui consiste à interpréter les courbes le moins possible: si, pendant les heures de jour, l'allure générale de la courbe de H correspond à une variation positive à peu près centrée sur le midi local, on lissera la courbe même si l'amplitude de la variation S_R hypothétique résultant de cette interprétation semble anormalement faible. Les figures 35a et 35b donnent un exemple d'un tel lissage⁽¹⁾. Il est clair cependant que souvent l'évènement-SD étant de durée plus courte apparaîtra sous la forme d'un effet négatif; il doit alors être interprété comme étant une variation-K⁽²⁾.

Au point de vue de la mesure de l'indice K on peut dire que les interprétations faites sur les figures 35 consistent à négliger des variations-K plus ou moins régulières dont la durée est longue par rapport à un intervalle tri-horaire et que cet indice n'est pas apte à mesurer (parce qu'il fait abstraction de tout niveau de référence: cf. Première Partie, p. 4).

Cette règle 3 est surtout intéressante pour les basses latitudes. Aux latitudes moyennes, l'agitation de courte durée par rapport à un intervalle de 3 heures la rendra le plus souvent moins utile; parfois cependant, dans la journée, on aura l'apparence d'un minimum qui, en fait, peut être dû aussi bien à un effet-SD négatif qu'au S_R ; seule une comparaison avec des enregistrements de longitude différente permettrait de lever l'indétermination. L'observateur pourra lisser cette variation d'allure régulière sans trop se soucier de la présence possible d'un tel effet. Aux latitudes supérieures, il suffit que l'observateur connaisse ce phénomène; cela l'aidera à comprendre des déformations d'allure régulière et de durée assez longue qui apparaîtront; la meilleure attitude sera alors pour lui d'utiliser la règle 4. Rappelons en terminant que la règle 3 est pratiquement valable pour la seule composante H.

-
- (1) Les parties d'enregistrement où un trait horizontal en tirets est tracé représentent celles où les variations-non-K ou bien n'existent pas ou bien ne peuvent être interprétées (règle 2). Pour la composante D, le S_R n'est indiqué par un trait en tirets que sur le premier enregistrement des fig. 35a et 35b; sur les autres, le S_R serait pratiquement représenté par l'allure générale de la courbe. On notera que dans la journée locale du 26 à Gu, et du 25 à Ho, il y a certainement un effet Ouest dû à la présence du SD, mais il est pratiquement impossible de le séparer du S_R . A Gu, sur H, le S_R est pratiquement confondu avec la courbe le 29 au matin.
- (2) Ainsi, l'enregistrement de H de Honolulu du 1er juin 1959 (fig. 24c); l'effet négatif, dû à un événement-SD, est ici assez fort pour masquer le S_R ; cet enregistrement devrait être mesuré comme s'il n'y avait aucune variation-non-K ce jour. De même encore l'enregistrement de H de la fig. 16; l'apparence du maximum vers 12h peut être due en partie au S_R ; mais un événement-SD agit déjà sans doute à cette heure; un tel jour, la mesure de K devrait être faite comme s'il n'y avait aucune variation-non-K.

during the day is opposite in sense to the daily S_R variation and tends to obliterate it (the D-curves, which present on the contrary a normal aspect, show that the S_R truly exists); and the negative SD-variation obliterates S_R more at Honolulu than at Guam, because the latitude of Honolulu is higher and S_R is therefore smaller. This fact illustrates again the properties of the SD-events as described in § 3.1; from the point of view of the variations of more or less regular aspect, the effect produced is practically always negative. A regular variation, analogous to the Sd curve of these stations (with a maximum about 8h L. T., and a minimum about 20h L. T.), does not appear at all.

On such days, should the observer attempt to measure this effect by plotting a fictitious S_R represented by an Sq curve? This would open the way to difficult and arbitrary choices. So the method which seems the most objective is to avoid interpreting the curves as much as possible: if, during the daytime, the general aspect of the H-curve corresponds to a positive variation approximately centred on local noon, the curve can be smoothed even if the amplitude of the hypothetical S_R variation resulting from this interpretation seems abnormally small. Figures 35a and 35b give an example of such a smoothing⁽¹⁾. However it is clear that often the SD-event, being of a shorter duration, will appear as a negative effect; it must then be interpreted as a K-variation⁽²⁾.

From the point view of the measure of the K index, one can say that the interpretation made on fig. 35 consists in neglecting more or less smooth K-variations whose duration is long with respect to a three-hourly interval and which this index is not suited to measure (because it takes no account of any reference level: cf. First Part, p. 4).

Rule 3 is especially important for low latitudes. It is less useful at middle latitudes, where agitation is of short duration relative to a three-hourly interval; however sometimes, during the day, one apparently has a minimum which, in fact, can be due to a negative SD-effect as well as to the S_R ; only a comparison with records of different longitude would permit removal of the uncertainty. The observer can smooth this variation of regular aspect without worrying too much about the possible existence of such an effect. At higher latitudes, it is sufficient that the observer know this phenomenon; this will help him to understand some deformations of regular aspect and rather long duration which occur; the best course will be then to use rule 4. Let us reiterate that rule 3 is in practice valid only for the H-component.

-
- (1) The parts of the records where a horizontal dashed-line is drawn, represent those where the non-K-variations either do not exist or else cannot be interpreted (rule 2). For the D component, the S_R is indicated by a dashed-line only on the first record of fig. 35a and 35b; on the others, the S_R would practically be represented by the general aspect of the curve. Note that, during the local daytime of the 26th at Gu and of the 25th at Ho, there is certainly a westwards effect due to the presence of SD, but it is practically impossible to discriminate it from the S_R . At Gu, in H, the S_R is practically merged with the curve on the morning of the 29th.
- (2) Thus, the H-record of Honolulu of the 1st June 1959 (fig. 24c); the negative effect due to the SD-event is here strong enough to mask the S_R ; this record should be measured as if there were no non-K-variation on this day. Likewise, the H-record of figure 16; the appearance of the maximum about 12h may be due in part to S_R but an SD-event is already effective at this time; on such a day, the measurement should be made as if there were no non-K-variation.

REGLE 4 - "Dans les cas où un lissage semble inutile, en totalité ou en partie, le procédé suivant sera souvent pratique: 1/ faire une première mesure de l'indice comme s'il n'y avait aucune variation-non-K, 2/ apprécier si la mesure ainsi obtenue est assez lointaine d'un cas frontière⁽¹⁾ pour que toute variation-non-K hypothétique soit négligeable; en ce cas, conserver cette première mesure, 3/ si l'on est proche d'un cas-frontière, abaisser ou élever⁽²⁾ d'une unité la première valeur obtenue selon qu'une estimation prudente et raisonnable de la variation-non-K possible le suggère."

Le domaine d'application de cette règle, lorsqu'elle est prise au sens strict, concerne surtout les indices $K \geq 5$. Sont pratiquement exclus ici les observatoires de haute latitude où, pour de telles valeurs d'indices, le S_R est déjà complètement masqué dans l'agitation. Nous précisons au chap. 5 les conditions d'application de cette règle pour de tels observatoires.

Prise au sens large, cette règle est d'application constante dans un niveau d'agitation moyenne ($K = 2, 3$ et 4). En effet, l'observateur entraîné qui, en général, fait seulement un lissage mental pour l'identification du S_R , peut apprécier aussitôt, dès qu'il a placé la grille sur l'enregistrement⁽³⁾, qu'il se trouve assez loin d'un cas-frontière et que par conséquent toute investigation supplémentaire relative au S_R réel est sans objet. La règle 4 précise donc, lorsqu'elle est appliquée aux cas qui ne sont pas des cas-frontière, l'un des moyens qui rendent la mesure des indices-K extrêmement rapide; elle exprime la souplesse très grande avec laquelle, souvent, les mesures doivent être faites.

REGLE 5 - "Lorsque, par rapport au niveau de l'activité, le lissage effectué pour l'identification du S_R semble être utile, mais reste incertain (ce fait se présentera surtout aux stations où le S_R peut comporter des mouvements secondaires plus ou moins complexes), et si les diverses solutions possibles conduisent à des valeurs différentes de l'indice, l'interprétation retenue doit toujours être la plus simple et la plus prudente."

Cette règle, surtout utile pour les indices $K = 2, 3$ et 4 , a pour premier but d'assurer une homogénéité entre les mesures dans les cas douteux; elle constitue donc l'un des éléments de l'objectivité des mesures. Elle peut contribuer également à éviter que des observateurs ne compliquent leur travail en cherchant à interpréter le S_R de manière trop complexe alors qu'aucune identification certaine n'est possible, ou qu'ils hésitent trop longtemps avant de faire un choix: dans les cas douteux, il faut passer vite en choisissant l'interprétation "minimale".

(1) Nous employons ici ce terme au sens de la frontière entre 2 indices (i. e. l'un des traits horizontaux de la grille de mesure), non pas au sens de la frontière entre deux intervalles tri-horaires (cf. p. 10).

(2) Cette alternative peut se présenter selon que la variation-non-K supposée est, dans l'intervalle considéré, de même sens que celui de l'ensemble des variations-K et que la valeur mesurée est proche de la frontière inférieure de l'espacement correspondant à un indice, ou que la variation-non-K supposée est de sens opposé à celui de l'ensemble des variations-K et que la valeur mesurée est proche de la frontière supérieure d'un tel espacement.

(3) Et ceci, même en lui donnant parfois une inclinaison non négligeable.

RULE 4 - "In cases where a smoothing seems wholly or partly useless, the following procedure will often be practical: 1/ make a first measurement of the index as if there were no non-K-variation, 2/ estimate whether the measure thus obtained is sufficiently remote from a borderline⁽¹⁾ so that any hypothetical non-K-variation be negligible; in this case, one can retain this first measurement, 3/ if the measurement is near a borderline, lower or raise by one unit the first value obtained⁽²⁾ according as a prudent and reasonable estimation of the possible non-K-variation suggests".

The field of application of this rule, when it is interpreted in a strict sense, mainly concerns indices $K \geq 5$. In practice, high latitude observatories are excluded here, where for such values of the index, S_R is already completely masked by agitation. We shall specify, in chapter 5, the conditions of the application of rule 4 for such observatories.

When it is interpreted in a wide sense, this rule may be used very frequently with a moderate level of agitation ($K = 2, 3$ and 4). Indeed, the experienced observer who generally makes only a mental smoothing for the S_R identification can directly estimate, as soon as he has put the gauge on the record⁽³⁾, whether he is far enough from a borderline-case to make any additional investigation about the true S_R purposeless. Rule 4 therefore specifies, when it is applied to the cases which are not borderline-cases, one of the ways to make the measurements of K-indices quite rapid; it expresses the great flexibility with which the measurements can often be done.

RULE 5 - "When, with respect to the level of agitation, the smoothing carried out for the S_R identification seems useful but remains uncertain (this fact will especially occur at stations where S_R may contain more or less complex secondary movements), and if the various possible solutions lead to different values of the index, the interpretation retained should always be the simplest and least speculative."

The first aim of this rule, which is especially useful for indices $K = 2, 3$ and 4 , is to ensure a homogeneity between measurements in doubtful cases; such a rule therefore constitutes one of the important elements of the objectivity of measurements. It can also help to prevent some observers complicating their work by searching for too complex an interpretation of S_R when no certain identification is possible, or that they hesitate too long before making a choice: in doubtful cases, one has to proceed quickly by choosing the "minimal" interpretation.

(1) Borderline between two indices (i. e., one of the horizontal lines of the gauge), not border between two three-hourly intervals (cf. p. 10).

(2) This option can occur according as the assumed non-K-variation is, in the interval considered, of the same sense as that of the trend of the K-variations and as the measured value is near the lower border of the spacing corresponding to an index, or according as the assumed non-K-variation is of opposite sense to that of the trend of the K-variations and as the measured value is near the higher border of such a spacing.

(3) And this, even if an appreciable tilt is sometimes given to the gauge.

La figure 36 donne, à partir d'un enregistrement de H de Eskdalemuir, un premier exemple de l'application de cette règle⁽¹⁾; elle montre en même temps comment, à ces latitudes sub-aurorales, des divergences importantes dans l'identification du S_R ne changent que peu la valeur de l'indice (la seule différence serait $K = 1$ au lieu de 2 dans l'intervalle 9-12 h). En principe un S_R tel qu'il est représenté par le tracé en tirets devrait être préféré parce qu'il représente l'interprétation "minimale".

La figure 37 donne un autre exemple pour une station de latitude moyenne⁽²⁾. Des deux solutions représentées, la plus prudente (trait en tirets) est celle qui se rapproche le plus d'une forme S_R le plus souvent rencontrée en cette station à cette saison. L'autre solution élèverait l'indice d'une unité dans les 3 intervalles tri-horaires autour de midi.

REGLE 6 - "Si un mouvement secondaire de la courbe, présentant une allure régulière et ne comportant en particulier aucun aspect brusque à son début et à sa fin, ressemble à un mouvement secondaire que le S_R peut causer, il doit toujours être interprété comme appartenant au S_R , sans se préoccuper de savoir si une comparaison avec un enregistrement d'un autre observatoire montrerait qu'il est une variation-K."

Cette règle concerne surtout les jours relativement calmes. Elle a d'abord pour but d'éviter aux observateurs de se préoccuper de l'existence possible d'une "oscillation lente" aux heures où le S_R existe. Mais, de plus, elle voudrait les inviter à accorder une grande confiance à un lissage de l'enregistrement dans les périodes morphologiquement très calmes. La qualité optique des enregistrements facilite évidemment beaucoup son application dans la mesure où elle rend beaucoup plus aisé le jugement morphologique.

- (1) Un tel jour, les deux éléments relativement "calmes" de l'enregistrement qui permettent d'amorcer un lissage (règle 1) sont ceux entre 8 h et 12 h (décroissance due au minimum principal) et entre 19 h et 21 h (fin d'un maximum d'après-midi). Le tracé en tirets s'appuie sur ces deux éléments, et représente une solution moyenne et prudente. Parmi les autres solutions représentées par les tracés en points et tirets, deux sont faits pour montrer ce qu'il ne faut pas faire: 1/ chercher à "imaginer" un maximum le matin (il y en a un très clair, cependant, le jour suivant) ne reposerait sur aucun élément valable; 2/ accentuer le maximum de l'après-midi (on peut cependant en rencontrer d'aussi forts en cette station) ne reposerait non plus sur rien. Par contre, donner une amplitude plus grande au minimum principal serait tout aussi valable que la solution représentée par le trait en tirets. Il y a donc possibilité réelle de choix entre deux solutions: la solution à préférer est celle qui lisse le plus la courbe.
- (2) Les éléments calmes de la courbe sur lesquels un lissage peut être appuyé sont ceux entre 5 h et 10 h, 16 h et 18 h. Par rapport au niveau de la nuit précédente, l'existence d'un maximum matinal apparaît pratiquement certaine. On pourrait être tenté de lisser l'enregistrement entre 9 h et 16 h par un pur minimum: ceci représenterait une forme possible du S_R , qui est cependant rare en cette station. L'autre tracé, qui tient compte de la variation brusque de 9h45 (laquelle indique, par conséquent, la présence d'une variation-K), représente un autre lissage, venant rejoindre la courbe à la fin d'une variation brusque à 13h30; il correspond à une autre forme possible du S_R , beaucoup plus fréquente à cette saison. Cette interprétation est donc plus probable, c'est-à-dire plus prudente. Le lissage est continué assez tard dans la nuit; ceci correspond à un maximum assez tardif que le S_R peut présenter en cette station.

Figure 36 gives a first example of the application of this rule to an H-record of Eskdalemuir⁽¹⁾; it shows at the same time how for these sub-auroral latitudes, important discrepancies in the identification of S_R hardly change the index value (the only difference would be $K = 1$ instead of 2 in the interval 9 - 12h). In general, an S_R such as the one shown by the dashed-line should be preferred because it represents the "minimal" interpretation.

Figure 37 gives another example for a mid-latitude station⁽²⁾. The least speculative and therefore the most satisfactory of the two solutions drawn (the dashed-line) is that which is closest to a shape most often encountered at this station in this season. The other solution would raise the index by one unit in the three 3-hourly intervals around noon.

RULE 6 - "If a secondary movement of the curve, which presents a smooth aspect and does not contain, in particular, any sudden change at its beginning or at its end, resembles a secondary movement which S_R can produce, the observer should always interpret it as belonging to S_R , without asking himself whether a comparison with a record of another observatory would show that it is a K-variation".

This rule especially concerns relatively quiet days. Its first aim is to prevent observers being too much concerned about the possible existence of a "slow oscillation" at times when S_R exists. Also, its aim is to induce them to put considerable trust in a smoothing of the record for the morphologically very quiet periods. The optical quality of records evidently much facilitates its application to the extent that it makes the morphological judgement much easier.

- (1) On such a day, the two relatively "quiet" elements of the record which permit a tentative smoothing (rule 1) are those between 8h and 12h (decrease due to the main minimum) and between 19h and 21h (end of an afternoon maximum). The dashed-line depends on these two elements, represents a mean solution and corresponds to a cautious interpretation. Among the solutions represented by the other lines (points and dashes), two are made to show what must not be done: 1/ to try to "imagine" a maximum in the morning (a very clear maximum however exists on the following day) is wrong because this would not rest on any significant element; 2/ to increase the afternoon maximum (some as strong as this however can be encountered at this station) is wrong for the same reason. On the contrary, to give a greater amplitude to the main minimum would be as permissible as the solution represented by the dashed-line. Therefore there is a true possibility of choice between two solutions: the solution to prefer is that which smooths the curve the most.
- (2) The "quiet" parts of the curve on which a smoothing can be based are those between 5h and 10h, 16h and 18h. Regarding the level of the preceding night, the existence of a morning maximum appears practically certain. One could be tempted to smooth the record between 9h and 16h by a pure minimum. This would represent a possible form of S_R , which is however rare at this station. The other line, which takes into account the sudden variation at 9h45 (which indicates the presence of a K-variation), represents another smoothing which rejoins the record at the end of a sudden variation at 13h30; it corresponds to another possible form of S_R , much more frequent at this season. This interpretation is therefore more probable, and consequently more cautious. The smoothing is carried rather late into the night; this corresponds to a rather late maximum which S_R can present at this station.

Son domaine d'application est surtout valable pour la composante H depuis les latitudes moyennes jusqu'aux latitudes situées à environ 15° de l'équateur magnétique, c'est-à-dire dans la zone où le S_R présente très fréquemment des mouvements secondaires plus ou moins complexes. Nous l'illustrerons surtout à partir d'exemples tirés des enregistrements de Honolulu; les observateurs des autres stations de ces latitudes pourront en comprendre l'application à partir de l'expérience qu'ils ont de leurs propres enregistrements. Les observateurs des latitudes inférieures ou supérieures à cette zone pourront juger de l'intérêt qu'elle présente pour eux après la lecture du chapitre 4; elle est également intéressante dans la région de l'électrojet équatorial à cause de la variation lunaire L. Elle peut de plus être utilisée en général pour la composante D à toutes latitudes, les variations-K d'allure régulière étant pratiquement inexistantes sur cette composante ou impossible à identifier dans la journée à partir des enregistrements d'un seul observatoire.

La figure 38 donne la reproduction de quatre enregistrements de Honolulu. Sur le premier, le minimum secondaire autour de 10 h, dans une variation qui est positive, représente une forme possible du S_R en cette station⁽¹⁾; morphologiquement, aucune variation brusque n'apparaît en son début ou en sa fin. L'identification du S_R peut être faite en toute sûreté en lissant cette courbe (on aurait donc $K = 0$ pour les 3 intervalles 7-10h, 10-13h, 13-16h T. L.).

Par contre, le 5/6/1958, le début et la fin du minimum secondaire (autour de 12h.) sont brusques; il est donc certain qu'une (ou des) variation-K existe, mais il est impossible à partir de ce seul enregistrement de déterminer si une partie de ce minimum est due ou non au S_R . Deux solutions extrêmes seraient possibles: ou bien suivre la courbe d'assez près entre 10h et 15h en supposant un minimum secondaire dû au S_R , ou bien interpoler de 10h à 14h30 en supposant que le maximum principal dû au S_R est assez tardif; l'une et l'autre doivent être rejetées. La meilleure solution est de lisser la courbe à partir de 9h jusque vers 16h-17h. Le S_R réel n'est très probablement pas cela, mais ceci représente la solution la plus prudente au sens de la règle 5.

Le 3/6/1958, les deux cas sont réunis: le minimum secondaire autour de 11h est morphologiquement très calme; son aspect est beaucoup moins symétrique que celui du minimum du 1/9/1958, mais la plasticité de tels mouvements secondaires du S_R est assez grande, et il est justifié d'accorder confiance à l'aspect morphologique de l'enregistrement. Par contre, la variation d'allure régulière qui apparaît de 16h30 à 22h est typique d'un évènement-SD négatif, très fréquent à ces heures; les mouvements brusques superposés permettent de l'identifier aisément comme tel.

Enfin, le 19/11/1958, l'aspect très calme de l'enregistrement de 5h à 19h permet encore un lissage très fidèle comme représentant le S_R , bien que cette forme ne soit pas fréquente en cette station.

L'énoncé de la règle 6 insiste sur le fait que de tels mouvements

(1) La description de telles formes sera faite au chapitre 4.

This rule is especially valuable for the H-component from the middle latitudes down to latitudes located at about $\pm 15^\circ$ from the magnetic (dip) equator, that is to say in the zone where S_R very frequently presents more or less complex secondary movements. We illustrate it especially from examples selected among Honolulu records; observers of other stations of these latitudes will be able to understand its application from the experience which they have of their own records. Observers at latitudes lower or higher than this zone will be able to judge the interest which it has for them after reading chapter 4; because of the L variation, this rule is also interesting for the equatorial electrojet region. Moreover, it can be generally used for the D-component at all stations, since smooth K-variations are practically non-existent in this component or impossible to identify during the day from records of only one observatory.

Figure 38 gives the reproduction of four records from Honolulu. On the first one, the secondary minimum about 10h, in a variation which is positive, represents a possible form of S_R at this station⁽¹⁾; no sudden variation appears at its beginning or at its end. The identification of S_R can be made with complete safety by smoothing this curve (one would then have $K = 0$ for the 3 intervals 7-10h, 10-13h, 13-16h L. T.).

Conversely, on 5/6/1958, the beginning and the end of the secondary minimum (about 12h) are sudden; therefore it is certain that one (or several) K-variation exists, but, from this record alone, one cannot determine whether a part of this minimum is due to the S_R or not. Two extreme solutions would be possible: either to follow the curve very closely from 10h to 15h (this would assume a secondary minimum due to the S_R) or else to interpolate from 10h to 14h30 (this would assume that the main maximum due to S_R is rather late); both must be rejected. The best solution is to smooth the curve from 9h to 16h-17h. The true S_R is very probably different, but this represents the least speculative solution in the sense of rule 5.

On 3/6/1958, both cases are present: the secondary minimum about 11h is morphologically very quiet; its aspect is much less symmetrical than that of the 1/9/1958 minimum, but the plasticity of such secondary movements of S_R is rather great and it is justifiable to trust the morphological aspect of the record. On the contrary, the smooth variation which occurs from 16h30 to 22h is typical of a negative SD-event, which is very frequent at these hours; the superposed sudden movements permit an easy identification of it as such.

Finally, on 19/11/1958, the very quiet aspect of the record from 5h to 19h again allows a very faithful smoothing as representing S_R , although this form is not very frequent at this station.

The wording of rule 6 stresses the fact that such secondary movements

(1) The description of such forms will be made in chapter 4.

secondaires des courbes doivent ressembler à un mouvement secondaire que le S_R peut causer. La figure 39a donne un autre enregistrement de Ho où un mouvement secondaire négatif existe autour de 16h-17h; son début et sa fin ne comportent pratiquement pas de mouvements brusques, mais il est assez court en durée relative à son amplitude, et, de ce point de vue, il semble trop abrupt pour ressembler à un mouvement secondaire du S_R ⁽¹⁾. Il doit donc être considéré comme suspect et son heure d'occurrence permet de supposer qu'il est très probablement dû à un événement-SD négatif. Effectivement l'enregistrement de College (fig. 39b) montre qu'à ces mêmes heures existe un événement-SD positif sur la zone aurorale.

Par contre, la fig. 40 donne un exemple d'un type de déformation complexe due au S_R (entre 8h et 13h) qu'il est possible de rencontrer en une telle station et à laquelle il est possible d'accorder confiance comme étant le S_R à cause de l'aspect très calme de la courbe.

L'application de la règle 6, valable surtout pour la composante H, repose donc sur les deux éléments suivants: 1/ confiance très grande à accorder aux parties très calmes de la courbe, 2/ défiance à observer seulement à l'égard des minimums secondaires négatifs de durée relativement courte par rapport à leur amplitude et se produisant aux heures locales où les événements-SD sont les plus fréquents. Le fait important est en effet que, excepté les "oscillations lentes", il n'y a pas de variations-K très régulières causant des effets positifs ⁽²⁾.

Parfois, l'application de cette règle conduira l'observateur à interpréter comme étant dues au S_R des variations-K d'allure très régulière. La figure 26 (voir son commentaire p. 53) donnait un exemple d'une "oscillation lente" qui ne peut absolument pas être identifiée, tout au moins à l'Aquila et à Toledo: ceci n'a aucune importance. La figure 41 donne un exemple d'un événement-SD relativement intense mais de forme extrêmement régulière. Il peut être aisément identifié à Guam parce qu'il se produit en pleine nuit. Il existe aux mêmes heures T. U. à Tamanrasset et peut être retrouvé à toutes les stations de longitude intermédiaire; mais il est impossible de l'identifier à Ta du fait de l'absence de tout mouvement brusque et de l'existence de S_R ayant à peu près cette forme ⁽³⁾. Ceci représente un exemple type des erreurs que comporte la mesure des indices à partir des enregistrements d'un seul observatoire; elles n'ont aucune importance et l'observateur ne doit pas s'en inquiéter, parce que

-
- (1) Le lecteur qui n'a probablement pas une expérience personnelle des enregistrements de Honolulu, peut trouver qu'une telle remarque est à la limite de ce qu'on peut discerner; et il est possible qu'une telle impression ait déjà été ressentie par lui pour d'autres exemples. Nous ne pouvons cependant donner des exemples pour chaque observatoire, mais il peut être utile de souligner de nouveau ici que l'application de l'ensemble des règles que nous donnons présuppose l'expérience personnelle des enregistrements que l'on mesure.
 - (2) Voir fig. 40; autour de 10-11h, la probabilité de l'existence d'une variation-K régulière courte causant un effet négatif (événement-SD) est pratiquement nulle. On peut donc concevoir le mouvement régulier après 10h comme un effet positif, qui, comme tel, ne peut être une variation-K.
 - (3) L'événement auroral qui cause cette variation est d'ailleurs relativement faible, et le mouvement secondaire de Ta est probablement la somme d'un effet dû au S_R et d'un effet dû à l'événement SD. La séparation exacte des deux effets serait donc très difficile.

of the records must resemble a secondary movement which S_R can produce. Figure 39a gives another record of Ho where a negative secondary movement exists around 16-17h; its beginning and end contain practically no sudden movements, but it is of a rather short duration with respect to its amplitude and, from this point of view, it seems too abrupt to look like S_R ⁽¹⁾. Consequently it must be considered as a doubtful case, and its time of occurrence permits one to assume that it is very probably due to a negative SD-event. Actually the College record (figure 39b) shows that a positive SD-event exists at this time on the auroral zone.

On the contrary, figure 40 gives an example of a kind of complex deformation due to the S_R (between 8h and 13h); it can be encountered at such a station and it can be trusted to be the S_R because of the very quiet aspect of the curve.

Rule 6 is especially valuable for the H-component; it rests on the two following factors: 1/ very great confidence given to the very quiet parts of the record, 2/ caution only with respect to the negative secondary minimums whose duration is relatively short in relation to their amplitude and which occur at local hours where SD-events are the most frequent. Indeed the important fact is that, apart from the "slow oscillations", there is no very smooth K-variation producing positive effects⁽²⁾.

Sometimes, the application of this rule will lead the observer to interpret very smooth K-variations as being due to S_R . Figure 26 (see the comments, p. 53) gave an example of a "slow oscillation" which definitely cannot be identified, at least at Aquila and Toledo: this is irrelevant. Figure 41 gives an example of an SD-event, which is relatively intense but extremely regular in form. This event can be easily identified at Guam because it occurs in the middle of the night. It exists at the same U. T. hours at Tamanrasset and can be observed at all stations of intermediate longitude; but it cannot be identified at Ta because of the absence of any sudden movement and of the possibility of S_R looking like this form⁽³⁾. We have here a typical example of the errors which are involved in the measurement of indices from records of only one observatory; they are completely unimportant and the observer should not worry about them, because such cases are much fewer than those where

- (1) The reader, who probably has no personal experience of the Honolulu records, may think that such a remark is a little sophisticated; and such an impression may have been already given to him by other examples. We cannot however give examples for each observatory, but it may be useful to re-emphasize here that the application of the set of rules which we give presupposes personal experience with the record to be measured.
- (2) See fig. 40: around 10h-11h, the probability of the existence of a short smooth K-variation producing a negative effect (SD-event) is practically nil. Then the smooth movement after 10h can be conceived as a positive effect, which as such, cannot be a K-variation.
- (3) The auroral event which produces this variation is relatively small, and the secondary movement at Ta is probably the sum of an effect due to S_R and of an effect due to the SD-event. Therefore the exact separation of the two effects would be very difficult.

de tels cas sont beaucoup plus rares que ceux où un mouvement d'allure très régulière et morphologiquement calme est causé par le S_R . Or, il est très important que, les jours réellement calmes, des indices $K = 2$ ou 3 ne soient pas attribués à des intervalles tri-horaires alors qu'on devrait avoir $K = 0$. Le chapitre 4 montrera la plasticité très grande des différentes formes du S_R ; c'est pourquoi la règle 6 insiste pour que, en période très calme, les mouvements secondaires soient interprétés comme étant le S_R .

REGLE 7 - "Si un mouvement secondaire d'allure régulière se produit à des heures nocturnes telles qu'on peut supposer qu'il est très probablement une variation-K bien que son début soit indiscernable dans la fin du S_R (ou sa fin dans le début du S_R), il doit être interprété comme étant une variation-K, en prenant comme référence la forme du S_R la plus simple possible dans le ou les intervalles correspondants."

Cette dernière règle complète la précédente. En effet, la règle 6 visait des mouvements secondaires dont le début et la fin ne comportaient aucun mouvement brusque, et qui se produisaient à des heures où le S_R peut exister. Ceux qui se produisent à des heures où le S_R ne peut exister sont aisément identifiables comme variations-K. Mais comment convient-il d'opérer lorsqu'un tel mouvement secondaire se produit autour d'une heure locale telle qu'on peut être sûr qu'il est une variation-K, mais que son début (ou sa fin) ne peut être discerné du S_R ?

La figure 42 reprend deux des enregistrements de la figure 21b à ce point de vue⁽¹⁾. A Ho, la variation d'allure régulière existe jusqu'au delà du minuit local; l'existence d'une variation-K est donc certaine à partir de ce seul enregistrement, mais son début dans la fin du S_R est indiscernable; étant donné l'aspect très régulier du S_R dans les heures qui précèdent et le niveau relativement constant entre 1h et 5h T. L. dans la seconde partie de la nuit, la solution la plus simple est d'extrapoler ce niveau vers les heures antérieures jusqu'à sa rencontre avec la courbe vers 18h T. L. Ceci représente une heure raisonnable comme fin du S_R . Le S_R réel s'achève sans doute un peu plus tard (puisqu'il y a certainement un effet négatif causé par l'évènement-SD avant 18h), et il serait possible d'essayer de le représenter: ceci n'aurait pratiquement aucun intérêt. A Kakioka, l'évènement-SD est pour la plus grande part superposé au S_R ; sa fin est cependant assez tardive (21h T. L.) pour qu'il puisse être indentifié comme tel. En cette station, un S_R formé d'un minimum et d'un maximum est une forme commune; l'interprétation la plus simple consiste donc à interpoler entre 15h et 21 h T. L. sans aucun minimum secondaire; il est impossible à l'observateur de savoir que l'évènement-SD a commencé en fait plus tôt, et il n'y a pas à s'en préoccuper.

L'application de cette règle repose en grande partie sur l'identification du niveau nocturne ou "niveau-zéro", c'est-à-dire le niveau de référence par rapport auquel le S_R devrait être mesuré dans une étude du S_R lui-même. La signification de

(1) A la première station de cette figure 21b, l'évènement-SD négatif est pratiquement centré au milieu de la nuit locale; il n'y a donc aucune difficulté. Le S_R s'achève vers 1h30 T. U., et jusqu'à 13h T. U., il n'y a aucune variation-non-K.

a smooth and morphologically quiet movement is caused by S_R . Now, it is very important that, on truly quiet days, indices $K = 2$ or 3 be not mistakenly attributed to some three-hourly intervals when one should have $K = 0$. Chapter 4 will show the very great "plasticity" of the different forms of S_R ; consequently rule 6 emphasize that, in very quiet periods, secondary movements should be interpreted as S_R .

RULE 7 - "If a smooth secondary movement occurs during night hours so that one can assume that it is very probably a K-variation although its beginning is indiscernable in the end of the S_R (or its end in the beginning of the S_R), it must be interpreted as being a K-variation, by taking as a reference the simplest possible form of S_R in the given interval or intervals."

This last rule complements the preceding one. Indeed, rule 6 referred to secondary movements whose beginning or end comprised no sudden change and which occurred at hours where S_R can exist. The secondary movements which occur at hours where S_R does not exist may easily be identified as K-variations. But how to proceed whenever a secondary movement occurs at a local time such that it must be a K-variation, but its beginning (or its end) is indistinguishable from S_R ?

Figure 42 gives again two of the records of figure 21b from this point of view⁽¹⁾. At Ho, the smooth K-variation lasts beyond the local midnight; the existence of a K-variation therefore is certain from this record alone, but its starting point near the end of S_R is indiscernable; given the very regular aspect of S_R during the preceding hours and the relatively constant level between 1h and 5h L. T. in the second part of the night, the simplest solution is to extrapolate this level towards the earlier hours until its junction with the curve at about 18h L. T. This time represents a reasonable hour for the end of S_R . The true S_R probably ends a little later (since there is certainly a negative effect produced by an SD-event before 18h), and it would be possible to try to represent it; but, in practice, this would be without interest. At Kakioka, the greater part of the SD-event is superposed on the S_R ; its end however is late enough (21h L. T.) so that it can be identified as such. At this station, a S_R made up of a minimum and a maximum is a common form; the simplest interpretation therefore consists in interpolating between 15h and 21h L. T. without any secondary minimum; the observer cannot know whether the SD-event has in fact begun sooner, and he should not worry about it.

The application of this rule rests, for a great part, on the identification of the night level or "zero-level", that is to say the reference level from which the S_R must be measured in a study of the S_R itself. The meaning of this concept will be

(1) At the first station in this figure 21b, the negative SD-event is practically centred on the middle of the local night; there is no difficulty. The S_R ends around 1h30 U. T. and, until 13h U. T. there is no non-K-variation.

cette notion apparaîtra mieux après la lecture du chapitre 4 et nous y reviendrons au chapitre 6 lorsque nous traiterons de l'effet de post-perturbation. L'observateur disposera alors de tous les éléments utiles.

La figure 43 reproduit une page, prise un peu au hasard, d'un Annuaire de Honolulu, et montre, par les tracés en tirets représentant le S_R probable, comment un lissage basé sur le niveau de nuit est très souvent utile dans le cas de variations-K non pas très régulières, mais d'allure plus ou moins régulière et dont l'identification comme telle est très aisée.

3. 4. - REMARQUE SUR LES TRACÉS DU S_R .

Le tracé du S_R sur un enregistrement, s'il était exact, déterminerait le sens (positif ou négatif sur H, vers l'Est ou vers l'Ouest sur D) des variations-K aussi bien que leur début et leur fin⁽¹⁾. Quiconque a eu l'occasion de tenter de tels tracés sur un grand nombre d'enregistrements est impressionné par la multitude de questions qui peuvent alors se poser quant à leur exactitude au point de vue du sens ou de la durée des variations-K. Il ne faudrait pas cependant que les observateurs, quand ils en feront, soient déçus⁽²⁾. Du point de vue de la mesure des indices, le sens des variations-K importe peu, non plus que le moment exact de leur début ou de leur fin. Seule importe, à l'intérieur de chaque intervalle tri-horaire, l'amplitude totale en gammas entre le maximum et le minimum après élimination des variations-non-K et ceci en l'absence de tout niveau fixe de référence.

CHAPITRE 4

DESCRIPTION GLOBALE DE LA VARIATION S_R .

La variation S_R est causée par l'existence permanente de systèmes de courants circulant principalement dans l'ionosphère et restant dans une position approximativement fixe par rapport au Soleil.

La variabilité jour-à-jour de la variation S_R est elle-même causée par le fait que, au cours de chaque rotation de la Terre ces systèmes de courants subissent des variations de forme et d'intensité; de plus, leur latitude moyenne est plus ou moins variable. Il en résulte que la variation S_R , observée en un lieu donné et en un jour donné, représente un aspect statique du phénomène, qui masque son évolution dynamique. Autrement dit, il n'est pas possible en principe de passer directement des variations S_R observées à des systèmes de courants: ceci supposerait que ceux-ci soient de forme et d'intensité constantes et que leur latitude ne varie pas. Puisqu'il n'en est pas ainsi, la seule méthode valable serait de considérer les écarts au niveau zéro, à un instant donné, de la variation S_R en un réseau d'observatoires et de déterminer les courants correspondants.

(1) Ceci, tout au moins, pour les variations-K qui n'ont pas une durée trop longue.

(2) Ainsi, lorsqu'au cours d'un lissage où l'on cherche à représenter le S_R , une variation-K semble changer de sens. Voir, par exemple, fig. 30, le 24 mars, sur D, entre 4 et 5h ou vers 11h; ou fig. 35b, le 27 septembre, sur H, entre 11 et 12 h.

clearer after reading chapter 4, and we shall return to it in chapter 6 when we deal with the post perturbation effect. The observer will then have all the useful elements at his disposal.

Figure 43 gives the reproduction of a sheet (taken more or less at random) from a Honolulu Year-book, and shows, by the dashed-lines representing the probable S_R , how a smoothing based on the night level is very often useful in the case of K-variations which are not very smooth but whose general trend is more or less smooth, and whose identification as such is very easy.

3. 4. - REMARK ON DRAWINGS OF S_R .

The drawing of the S_R on a record, if it were exact, would determine the sense (positive or negative in H, eastwards or westwards in D) of the K-variations as well as their beginning and their end⁽¹⁾. Anyone who has the opportunity to attempt such S_R drawings on a great number of records is impressed by the enormous number of questions which then arise as to their exactness from the point of view of the sense or the duration of the K-variations. Observers, however, must not be discouraged when they make them⁽²⁾. From the point of view of the measurement of indices, the sense of the K-variations matters little, any more than does the exact time of their beginning or their end. Inside each three-hourly interval, the only important thing is the total amplitude in gammas between maximum and minimum after elimination of the non-K-variations, and this in the absence of any fixed reference level.

CHAPTER 4

GLOBAL DESCRIPTION OF THE S_R VARIATION.

The S_R variation is brought about by the permanent existence of current-systems flowing chiefly in the ionosphere and staying in an approximately fixed position in relation to the Sun.

The day-to-day variability of the S_R variation is itself caused by the fact that, throughout each rotation of the Earth, these current-systems undergo some variations of shape and intensity; moreover, their mean latitude is more or less unsteady. Consequently, the S_R variation, observed at a given place and on a given day, represents a static aspect of the phenomenon which masks its dynamic evolution. In other words, one cannot in principle pass directly from the observed S_R variations to the current-systems: this would presuppose that the systems are of constant shape and intensity, and that their latitude does not vary. Since this is not so, the only reliable method would consist of considering the zero-level departures, at a given time, of the S_R variation in a network of observatories and determining the corresponding currents.

(1) At least, for the K-variations whose duration is not too long.

(2) Thus, when, in the course of a smoothing in which one attempts to represent the S_R , a K-variation seems to change sense. See, for instance, fig. 30 on the 24th March, in D, between 4h and 5h or about 11h; or fig. 35b, on the 27th September, in H, between 11h and 12h.

Cependant la variation des paramètres (forme, intensité, latitude) dont dépendent les systèmes de courants causant la variation S_R n'est pas si rapide qu'une certaine schématisation de ces systèmes, à l'aide de modèles, ne puisse être faite afin d'interpréter la variation S_R observée en un lieu donné et en un jour donné.

Nous avons récemment exposé ((23)) les limites de validité d'une telle schématisation. Nous en présenterons ici les éléments.

Essentiellement, la variation S_R est la résultante des effets de deux types distincts de systèmes de courants.

1/ Les uns, que nous appellerons systèmes C_M , ont leur centre (ou leur foyer) aux latitudes moyennes; ils correspondent aux systèmes classiques de courants S_q , tels que ceux de la figure 20. Mais la différence principale est qu'il n'existe en général, dans chaque hémisphère, qu'un seul système⁽¹⁾.

2/ Les autres, que nous appellerons systèmes C_P , ont leur centre dans les régions polaires; ils correspondent à un phénomène nouvellement décrit ((23)). Il existe un système C_P dans chaque hémisphère qui devient particulièrement intense au solstice d'été. Sur certaines longitudes, ces effets se font sentir jusqu'aux latitudes moyennes.

Nous décrirons séparément les effets de chacun de ces types de systèmes de courants. Les caractères particuliers de la variation S_R dans la région de l'électrojet équatorial ne seront pas mentionnés dans cette description. Il semble en effet que l'électrojet ne constitue en aucune manière une frontière entre les systèmes C_M de chaque hémisphère.

Les paragraphes 4.1.1. à 4.1.4. concernent pratiquement toutes les latitudes inférieures à la zone aurorale; les paragraphes 4.2.1. à 4.2.3. concernent les latitudes supérieures à celle de la latitude moyenne du foyer du système C_M .

4.1 - LE SYSTEME C_M .

A partir d'observatoires situés dans la région du foyer, nous établirons une morphologie des différentes formes de la part de la variation S_R causée par le système C_M ; cette morphologie sera directement reliée à divers modèles de systèmes de courants et au phénomène de l'invasion du système C_M d'un hémisphère dans l'autre hémisphère (§ 4.1.1. et 4.1.2.). Puis nous préciserons la bande de latitudes intéressée par une telle morphologie (§ 4.1.3.).

Nous énumérerons ensuite divers effets secondaires causés par la variation de tel ou tel des paramètres dont dépendent les systèmes de courants (§ 4.1.4.).

Enfin nous décrirons quelques traits spécifiques de la variation S_R aux latitudes supérieures à celle du foyer du système C_M ou aux latitudes inférieures (§ 4.1.5. et 4.1.6.).

(1) Rappelons que l'existence de deux systèmes dans chaque hémisphère, dans cette analyse de la variation S_q , est due au choix du niveau-zéro (moyenne des écarts, et non pas niveau nocturne).

However, the variation of the parameters (shape, intensity, latitude) of the current-systems associated with the S_R variation is sufficiently slow to enable a certain schematisation of these systems with the help of "models" to be made, in order to interpret the S_R variation observed at a given place and on a given day.

We have recently ((23)) stated the limits of validity of such a schematisation. We shall here set forth its elements.

The main point is that the S_R variation is the resultant of the effects of two distinct types of current-systems.

1/ Those of the first type (which we shall call C_M systems) have their centre (or their focus) at middle latitudes; they correspond to the classical Sq current-systems, such as those of figure 20. However, the chief difference is that there exists in general, in each hemisphere, one system only⁽¹⁾.

2/ Systems of the second type (which will be called C_P systems) have their centre in the polar regions; they correspond to a phenomenon recently described ((23)). A C_P system exists in each hemisphere and it becomes particularly intense at the summer solstice. At certain longitudes, its effects are felt down to the middle latitudes.

We shall separately describe the effects of each of these types of current-systems. The particular features of the S_R variation in the region of the equatorial electrojet will not be mentioned in this description; indeed it seems that the electrojet in no way constitutes a boundary between the C_M systems of each hemisphere.

Paragraphs 4.1.1. to 4.1.4. relate to all latitudes lower than the auroral zone; paragraphs 4.2.1. to 4.2.3. relate to latitudes higher than that of the mean latitude of the C_M system focus.

4.1 - THE C_M SYSTEM.

From observatories located in the region of the focus, we shall establish a morphology of the different shapes of that part of the S_R variation which is produced by the C_M system; this morphology will be directly related to various models of current-systems and to the phenomenon of the invasion of the C_M system of one hemisphere into the other hemisphere (§ 4.1.1. and § 4.1.2.). Moreover, we shall specify the latitude band concerned in such a morphology (§ 4.1.3.).

We shall then set forth various secondary effects produced by the variation of one or the other of the parameters on which the current-systems depend (§ 4.1.3.).

Finally, we shall describe some characteristic features of the S_R variation at latitudes higher than that of the C_M system focus or at lower latitudes (§ 4.1.5. and 4.1.6.).

(1) Let us recall that the existence of two systems in each hemisphere, in this analysis of the Sq variation, is due to the choice of the zero-level (mean of the departures, and not night level).

4.1.1 - Modèles R, T, F.

La figure 44 donne trois modèles schématiques du système C_M et les variations que de tels modèles sont capables de causer sur la composante H à des latitudes proches du foyer. Le sens des courants correspond à celui du système C_M de l'hémisphère Nord. Les flèches indiquées sont uniquement représentatives de la direction de l'effet magnétique causé.

Le modèle R est le plus simple que l'on puisse imaginer. Supposons que méridiens géographique et magnétique soient confondus; en une station située à la latitude du foyer, l'effet magnétique causé lorsque ce système passe au-dessus de la station, est toujours perpendiculaire au méridien. Le S_R de H est donc caractérisé par une absence de variation, tandis que le S_R de D est constitué d'un pur maximum Est et d'un pur minimum Ouest. Aux latitudes supérieures à celle du foyer, le S_R de H est formé d'un pur minimum; aux latitudes inférieures, il est formé d'un pur maximum.

La figure 45 donne un exemple de variations S_R correspondant aux effets d'un tel modèle en trois stations de longitude proche, dont l'une (Kakioka) est située à la latitude du foyer et les deux autres à une latitude supérieure (Memambetsu) ou à une latitude inférieure (Kanoya)⁽¹⁾.

Nous appellerons type P (polaire) un S_R de H constitué d'un pur minimum, et type E (équatorial) un S_R de H constitué d'un pur maximum⁽²⁾. Nous appellerons type "Nord" le S_R de D constitué d'un maximum Est et d'un maximum Ouest, et type "Sud" le S_R de D constitué d'un maximum Ouest et d'un maximum Est.

Nous appellerons R ce premier modèle parce qu'il cause, à la latitude du foyer, une variation "rectilinéaire".

Imposons au modèle précédent une certaine inclinaison; nous obtenons le modèle T de la figure 44.

1/ Dans l'hémisphère Nord, une telle inclinaison (voir les flèches de la figure) cause, à la latitude du foyer, un S_R de H constitué d'un maximum et d'un minimum; le S_R de D garde la même forme que dans le modèle R, mais son amplitude est diminuée. Aux autres latitudes, on a des formes semblables, sur les deux composantes, mais l'heure du passage au zéro⁽³⁾ est de plus en plus tôt vers les latitudes supérieures et de plus en plus tard vers les latitudes inférieures.

2/ Dans l'hémisphère Sud, les mêmes effets seraient causés par une inclinaison de sens inverse.

La figure 46 donne un exemple de variations S_R correspondant à ce modèle, aux trois mêmes stations de l'hémisphère Nord.

Nous appellerons T_h^m le modèle dont l'inclinaison ("Tilt" : T) est telle que, dans

(1) Ce premier exemple n'est pas parfait; un tel type de S_R est en effet assez rare sur la longitude de ces observatoires. Il a été vérifié cependant que les déformations secondaires qui se superposent à la variation S_R (particulièrement à Kanoya) sont des perturbations.

(2) Cette terminologie est reprise de M. Hasegawa ((24)).

(3) L'heure du passage au zéro du S_R de H, à une latitude donnée, est celle où la tangente à l'ellipse est Nord-Sud; cette heure pour le S_R de D, est celle où la tangente à l'ellipse est Est-Ouest.

4.1.1 - Models R, T, F.

Figure 44 gives three schematic models of the C_M system, and the variations which such models are capable of bringing about in the H-component at latitudes near the focus. The direction of the currents corresponds to that of the Northern system. The arrows indicated are representative only of the direction of the magnetic effect produced.

Model R is the simplest which one can imagine. Let us assume for simplicity that the geographical and magnetic meridians are coincident; at a station located at the latitude of the focus, the magnetic effect brought about when this system passes over the station, is always perpendicular to the meridian. The S_R of H is therefore characterized by an absence of variation, while the S_R of D is made up of a pure East maximum and a pure West maximum. At latitudes higher than that of the focus, the S_R of H is made up of a pure minimum; at lower latitudes, it is made up of a pure maximum.

Figure 45 gives an example of the S_R variations corresponding to the effects of such a model at three stations of neighbouring longitude; one of them (Kakio-ka) is located at the latitude of the focus and the two others are at a higher latitude (Memambetsu) or at a lower latitude (Kanoya)⁽¹⁾.

We shall call an S_R of H made up of a pure minimum, a P-type (polar), and one made up of a pure maximum an E-type⁽²⁾. We shall call "North"-type the S_R of D made up of a East maximum and a West maximum, and "South"-type the S_R of D made up of a West maximum and a East maximum.

We shall call this first model R because it produces a "rectilinear" variation at the latitude of the focus.

Let us give a certain tilt to the preceding model; we obtain model T of figure 44.

1/ In the Northern hemisphere, such a tilt (see the arrows of the figure) produces, at the latitude of the focus, an S_R of H made up of a maximum and a minimum; the S_R of D keeps the same shape as in the R model, but its amplitude is smaller. At other latitudes, similar shapes are obtained on the two components, but the hour at which the variation passes through zero⁽³⁾ is more and more early towards higher latitudes in both components and more and more late towards lower latitudes.

2/ In the Southern hemisphere, the same effects would be produced by a tilt in the opposite sense.

Figure 46 gives an example of the S_R variations corresponding to this model, at the same three stations of the Northern hemisphere.

We shall call T_h^m the model whose "Tilt" (T) is such that, during the

(1) This first example is not absolutely conclusive; such a type of S_R is indeed rather rare on the longitude of these observatories. However it has been checked that the secondary deformations which are superposed on the S_R variation (particularly at Kanoya) are perturbations.

(2) This terminology is taken from M. Hasegawa ((24)).

(3) This hour, at a given latitude, in H is that where the tangent to the ellipse is North-South; in D, it is that where the tangent to the ellipse is East-West.

la "matinée" (m), les lignes de courant sont déplacées vers les "hautes" (h) latitudes. Une telle inclinaison cause les mêmes effets dans l'un et l'autre hémisphère.

Imposons maintenant une inclinaison de sens inverse dans chaque hémisphère; nous appellerons T_1^m ce modèle, les lignes de courant étant déplacées vers les basses ("low" : l) latitudes dans la matinée (m). Dans l'un et l'autre hémisphère, à la latitude du foyer, le S_R de H est constitué d'un minimum et d'un maximum; et le S_R de D garde la même forme que dans le modèle R, son amplitude étant seulement diminuée. Aux autres latitudes, l'heure du passage au zéro varie, avec la latitude, en sens inverse par rapport au modèle T_h^m .

La figure 47 donne un exemple de variations S_R aux trois mêmes stations, correspondant à un modèle T_1^m (1).

Imposons maintenant au modèle R une déformation telle que celle représentée sur le modèle F de la figure 44. Le S_R de H, à la latitude du foyer, est constitué d'un maximum secondaire s'insérant dans le minimum principal; l'effet causé reste nul sur la longitude du foyer. Aux latitudes inférieures, on a un maximum réel entre deux minimums; aux latitudes supérieures, le maximum secondaire dans le minimum principal, tend à disparaître. Le S_R de D garde la même forme. Nous appellerons F_h un tel modèle parce qu'il correspond à une excentration du foyer (F), dans le modèle, vers les "hautes" (h) latitudes. Dans l'hémisphère Sud, une excentration vers les hautes latitudes cause les mêmes effets.

La figure 48 donne un exemple de variations S_R , aux trois mêmes stations, correspondant à un modèle F_h . La comparaison de Memambetsu avec les deux autres stations permet de discerner l'amorce du maximum secondaire dans le minimum principal (2).

Imposons enfin au modèle R une déformation de sens inverse à celle représentée sur le modèle F de la figure 44, c'est-à-dire une excentration du foyer vers les basses latitudes. Le S_R de H sera alors constitué d'un minimum entre deux maximums. Nous appellerons F_l un tel modèle (l : "low"). Dans l'hémisphère Sud, une telle excentration vers les basses latitudes cause les mêmes effets.

La figure 49 donne un exemple de variation S_R , aux 3 mêmes stations, correspondant à un modèle F_l (3).

Il apparaît donc que des déformations très simples imposées au modèle R

(1) Un faible maximum secondaire Est existe ici dans l'après-midi à Kanoya et Kakioka; un faible maximum secondaire Ouest matinal existe à Kanoya sur la figure 46. Nous reviendrons ultérieurement sur ces détails.

(2) Le maximum secondaire Est de l'après-midi apparaît en temps universel aux trois stations. Il y a certainement une contamination par une variation-K. De tels maximums secondaires Est sont cependant fréquents. Ceci constitue un exemple d'un jour où une telle variation d'allure régulière de la courbe de D devra être interprétée comme étant une variation-non-K (voir chap. 3.2.2. p. 55).

(3) Ici encore, un faible maximum secondaire Est existe dans l'après-midi. Nous reviendrons ultérieurement sur ce détail.

"morning" (m), the current lines are shifted towards the "high" (h) latitudes. Such a tilt produces the same effects in both hemispheres.

Let us now give a tilt of opposite sense in each hemisphere; we shall call this model T_1^m , the current lines are shifted towards "low" (l) latitudes during the "morning" (m). In both hemispheres, at the latitude of the focus, the S_R of H is made up of a minimum and a maximum; the S_R of D keeps the same shape as in model R, only its amplitude is diminished. At other latitudes, the time of passage through zero varies, with latitude, in the opposite sense in relation to model T_h^m .

Figure 47 gives an example of the S_R variations at the same three stations, corresponding to a T_1^m model⁽¹⁾.

Let us now give a deformation to model R, such as that represented in model F of figure 44. The S_R of H, at the latitude of the focus, is made up of a secondary maximum included in the main minimum; the effect produced remains zero at the longitude of the focus. At lower latitudes, we have a true maximum between two minimums; at higher latitudes the secondary maximum in the main minimum tends to disappear. The S_R of D keeps the same shape. We shall call such a model F_h because it corresponds to a shift of the focus (F), in the model, towards "higher" (h) latitudes. In the Southern hemisphere, a shift towards higher latitudes produces the same effects.

Figure 48 gives an example of the S_R variations, at the same three stations, corresponding to an F_h model. The comparison of Memambetsu with the two other stations permits one to discern the formation of the secondary maximum in the main minimum⁽²⁾.

Let us finally give to model R a deformation of opposite sense to that represented on model F of figure 44, that is to say a shift of the focus towards low latitudes. The S_R of H will then be made up of a minimum between two maximums. We shall call such a model F_l (l : "low"). In the Southern hemisphere, such a shift towards low latitudes produces the same effects.

Figure 49 gives an example of the S_R variations, at the same three stations, corresponding to a F_l model⁽³⁾.

It appears therefore that some very simple deformations imposed on

-
- (1) A small secondary East maximum exists here in the afternoon at Kanoya and Kakioka; a small secondary West maximum exists in the morning at Kanoya in the example of figure 46. We shall return to these details later.
 - (2) A secondary East maximum in the afternoon occurs in universal time at the three stations. There is certainly a contamination by a K-variation. Such secondary East maximums are however frequent. This constitutes an example of a day where such a smooth variation of the D curve will have to be interpreted as being a non-K-variation (see chap. 3.2.2. p. 55).
 - (3) Here again, a small secondary East maximum exists in the afternoon. We shall return later to this detail.

(inclinaison de l'ensemble du système, ou excentration du foyer dans le système) sont capables de causer des types du S_R de H extrêmement divers aux latitudes proches du foyer; et, comme l'ont montré les exemples donnés, ils peuvent être tous rencontrés sur la même longitude.

Assurément, la durée de vie d'un modèle donné est pratiquement toujours inférieure à l'intervalle de temps correspondant à une rotation complète de la Terre; il y a donc, de manière presque constante, passage d'un modèle à un autre. Bien plus, le fait que certains modèles (et donc certains types du S_R de H) soient plus fréquents sur certaines longitudes que sur d'autres⁽¹⁾ permet d'interpréter en partie l'existence des modèles F par les dissymétries de la configuration du champ moyen en fonction de la latitude géographique tandis que les modèles T seraient probablement causés par le phénomène de l'invasion que nous décrirons au paragraphe suivant et qui dépend, lui aussi, de la configuration du champ moyen.

La comparaison d'enregistrements de longitudes différentes montre cependant que les S_R de H présentent une relative stabilité qui justifie leur représentation par de tels modèles. Par conséquent, la connaissance des effets de ces divers modèles, quoiqu'il en soit de la schématisation très grossière qu'ils représentent, peut aider à comprendre la diversité des formes observées. Nous reviendrons, au § 4.1.4., sur les effets d'une variation de forme du système C_M .

Le tableau XIV résume les traits principaux des différents types des S_R de H.

T A B L E A U XIV

<u>Type observé</u> sur le S_R de H à la latitude du foyer	<u>Modèles</u> de la figure 44	<u>Exemples</u> correspondants
R : variation nulle	R	fig. 45
T_h^m : max-min	T	fig. 46
T_l^m : min-max	inclinaison en sens inverse	fig. 47
F_h : min-max-min	F	fig. 48
F_l : max-min-max	excentration en sens inverse	fig. 49

4.1.2 - Invasion et distorsion.

La figure 50 reproduit un schéma de systèmes de courants, dû à A. T. Price et G. A. Wilkins ((25)). A la différence des modèles de la figure 44, ce schéma est un résultat quantitatif. Il est obtenu par une analyse du potentiel du champ Sq

(1) Ainsi les courbes Sq permettent parfois d'apprécier quel est le type dominant, bien que la forme de la courbe Sq puisse aussi bien être la résultante de la superposition de deux types qui ont une fréquence équivalente. Nous essayerons au chapitre 5 de donner un ordre de grandeur des fréquences relatives de chaque type pour différentes longitudes.

model R (tilt of the whole system, or shift of the focus in the system) are capable of producing some extremely diverse types of the S_R of H at latitudes close to the focus; and, as the examples given have shown, they can all be encountered on the same longitude.

Of course, the lifetime of a given model is nearly always shorter than the interval corresponding to a complete rotation of the Earth; therefore, there is a constant transition from one model to another. Moreover, the fact that certain models (and, therefore, certain types of the S_R of H) are more frequent at certain longitudes than at others⁽¹⁾ partly permits an interpretation of the existence of the F models by the asymmetries, with geographical latitude, of the configuration of the mean field, while the T models would probably be caused by the phenomenon of the invasion that we shall describe in the following paragraph and which depends also on the configuration of the mean field.

A comparison of records from different longitudes however shows that the S_R 's of H present a relative stability which justifies their representation by such models. Consequently, although these various models are very idealized, a knowledge of their effects may help to understand the variability of the shapes observed. We shall return, in § 4.1.4, to the effects of a variation in the form of the C_M system.

Table XIV summarizes the chief features of the various types of the S_R of H.

T A B L E XIV

<u>Type observed</u> <u>in the S_R of H</u> <u>at the latitude of the focus</u>	<u>Models</u> <u>of figure 44</u>	<u>Corresponding</u> <u>examples</u>
R : zero variation	R	fig. 45
T_h^m : max-min	T	fig. 46
T_l^m : min-max	tilt	fig. 47
F_h : min-max-min	of opposite sense F	fig. 48
F_l : max-min-max	shift of opposite sense	fig. 49

4.1.2. - Invasion and distortion.

Figure 50 reproduces a diagram of current-systems due to A. T. Price et G. A. Wilkins ((25)). While the models of figure 44 are exclusively qualitative, this diagram is a quantitative result. It is obtained by a field potential analysis of the S_q

(1) Thus, the S_q curves sometimes permit an estimation of the predominant type, although the shape of the S_q curve can equally well result from the superposition of two types which have the same frequency. We shall try, in chapter 5, to give an order of magnitude of the relative frequencies of each type for various longitudes.

de l'été 1933, en diverses stations pour l'instant 8h T. U. ; des schémas analogues sont donnés par ces auteurs pour d'autres heures T. U. , et ils diffèrent de celui reproduit ici. Ceci montre bien par conséquent que les systèmes C_M de chaque hémisphère se déforment avec la longitude. Nous considérons cependant ici ce schéma du point de vue suivant: quels sont les effets de tels systèmes de courants lorsqu'ils se déplacent au-dessus d'une station sans se déformer ? (1)

Le fait important qui apparaît ici est l'invasion du système de l'hémisphère Nord dans l'hémisphère Sud. Se rappelant que les flèches de champ sont dirigées vers l'intérieur pour le système de courants de l'hémisphère Nord, on voit que, dans la matinée (c'est-à-dire à gauche de la figure), le système C_M de l'hémisphère Nord cause d'abord un effet Est sur le S_R de D, et un effet positif sur le S_R de H jusqu'à une latitude Sud supérieure à celle du foyer du système C_M de l'hémisphère Sud.

L'effet Est dans la matinée apparaît comme un maximum secondaire qui, à ces heures locales, est de sens inverse au maximum principal Ouest du type Sud et commence avant celui-ci. D'autre part, l'effet positif sur H peut causer, à la latitude du foyer, une forme du S_R de H analogue au type T_h^m précédemment décrit. On voit d'ailleurs que le système de l'hémisphère Sud ressemble, sur ce schéma, au modèle T_h^m (le type T_h^m du S_R peut donc être causé à la fois par une invasion et par un modèle T_h^m). On notera cependant que l'invasion cause d'une part sur D un effet qui est en avance de phase par rapport à l'effet sur H et que d'autre part elle cause sur H et D des effets qui sont d'une amplitude à peu près équivalente.

Une invasion dans la soirée cause des effets analogues: effet Ouest sur D, qui est de sens inverse au maximum principal Est du type Sud et s'achève après celui-ci, et effet positif sur H. Une invasion qui se produit dans la matinée et dans la soirée serait donc capable de causer un S_R de H à la latitude du foyer ayant une forme analogue au type F_1 décrit précédemment.

Enfin une invasion du système C_M de l'hémisphère Sud dans l'hémisphère Nord causerait des effets analogues, qui peuvent être résumés pour l'un ou l'autre hémisphère de la manière suivante:

1/ effets secondaires sur D qui sont de sens inverse du maximum principal, aux heures locales de l'invasion, du type normal du S_R de D de l'hémisphère envahi et qui se produisent avant (invasion dans la matinée) ou après (invasion dans la soirée) ce maximum,

2/ effets positifs sur H du même ordre de grandeur que les effets sur D.

La figure 51 donne un exemple de variations S_R , toujours pour les mêmes 3 stations que précédemment, correspondant à une invasion du système C_M de l'hémisphère Sud dans l'hémisphère Nord; elle se produit en ce cas à la fois dans la matinée et dans la soirée. Elle est assez profonde pour que le S_R de D de Kanoya soit complètement déformé. A Memambetsu, on a sur H une forme analogue à un type F_1 ;

(1) Cf. ((23)) pour les limites de validité d'une telle simplification.

of the Summer 1933, at various stations, for the time 8h U. T. ; similar diagrams are given by these authors for other U. T. hours, and they are different from the one reproduced here. Therefore this shows clearly that the C_M systems of each hemisphere vary in form with longitude. We shall consider here this diagram from the following point of view: what are the effects of such current systems when they pass over a station without undergoing deformations ?⁽¹⁾

The important fact which appears in this diagram is the invasion of the Northern system into the Southern hemisphere. Since the field arrows are directed towards the interior of the Northern current system, one sees that, in the morning (i. e. on the left of the figure), the Northern C_M system produces first an East effect in the S_R of D and a positive effect in the S_R of H up to a Southern latitude higher than the latitude of the focus of the Southern system.

The East effect in the morning appears as a secondary maximum which, at these local hours, is of opposite sense to the main West maximum of the South-type and begins before it. On the other hand, the positive effect in H can produce, at the latitude of the focus, a shape of the S_R of H analogous to the T_h^m type described above. Besides, one sees that the Southern system has, on this diagram, a shape close to that of model T_h^m . (Therefore the T_h^m type of the S_R of H may be produced both by an invasion and by a T_h^m model). However note that the invasion produces, on the one hand, an effect in D which occurs sooner than the effect in H and that, on the other hand, it produces effects nearly equivalent in amplitude in H and D.

An invasion in the evening produces analogous effects: a West effect in D, which is of opposite sense to the main East maximum of the South-type and ends after it, and a positive effect in H. An invasion which occurs in the morning and in the evening would therefore be capable of producing an S_R of H, at the latitude of the focus, with a shape analogous to the F_1 type described above.

Lastly, an invasion of the Southern system into the Northern hemisphere would produce analogous effects which can be summarized for one or the other hemisphere in the following way:

1/ secondary effects in D which are of opposite sense to the main maximum, at local hours of the invasion, of the normal type of the S_R of D of the invaded hemisphere and which occur earlier (invasion in the morning) or later (invasion in the evening) than this maximum,

2/ positive effects in H of the same order of magnitude as the effects in D.

Figure 51 gives an example of the S_R variations, always at the same three stations, corresponding to an invasion of the Southern system into the Northern hemisphere; it occurs in this case both in the morning and in the evening. It is deep enough so that the S_R of D at Kanoya is completely out of shape. At Memambetsu, a shape analogous to the F_1 type is observed in H; however this example differs from that of

(1) Cf. ((23)) about the limits of validity of such a simplification.

la différence cependant d'avec l'exemple de la figure 49 est l'existence du maximum secondaire Ouest avant le maximum principal Est, et celle du maximum secondaire Est après le maximum principal Ouest. De même sur l'exemple de la figure 46 (type T_h^m), un maximum secondaire Ouest très faible apparaît le matin, à Kanoya, avant le maximum principal Est et est donc le signe d'une invasion; mais son amplitude très faible par rapport à celle du maximum qui existe sur le S_R de H ne permet pas d'expliquer le maximum du S_R de H uniquement par une invasion: le fait qu'il existe aussi à Memanbetsu un maximum sur H montre bien qu'on a effectivement un modèle T_h^m .

Ce phénomène de l'invasion du système C_M d'un hémisphère dans l'autre est extrêmement fréquent; particulièrement, au solstice d'hiver d'un hémisphère donné, cet hémisphère est presque toujours envahi dans la matinée, de manière plus ou moins profonde⁽¹⁾, par le système C_M de l'autre hémisphère. Il permet de comprendre 1/ l'existence de maximums secondaires du S_R de D qui sont de sens inverse du type normal du S_R de D de l'hémisphère considéré et apparaissent avant le début (ou après la fin) de ce type normal, 2/ l'existence de faibles effets positifs aux latitudes supérieures à celle du foyer. Aux latitudes inférieures, cet effet positif ne se distingue pas du maximum principal du S_R de H; mais le phénomène de l'invasion permet de comprendre pourquoi très souvent, en hiver, le S_R de H commence très tôt (souvent, plus tôt qu'en été).

La figure 52 reproduit un autre schéma de systèmes de courants, dû à D. van Sabben ((26)). Ce schéma est, comme celui de la figure 50, un résultat quantitatif: il correspond à une carte des courants causant la variation S_R à 13h30 T. U., le 21 septembre 1958. Nous le considérons ici encore du même point de vue (c'est-à-dire quels sont les effets d'un tel système se déplaçant sans se déformer?). Il apparaît déjà que les traits principaux de ces systèmes correspondent à un modèle T_1^m dans l'hémisphère Nord et à un modèle T_h^m dans l'hémisphère Sud; les S_R de H de stations situées à la latitude du foyer dans l'hémisphère Nord ou dans l'hémisphère Sud et de part et d'autre de la longitude du point sub-solaire correspondant au moment pour lequel cette carte est établie (longitude $22^{\circ}5$ W) présentent effectivement soit un type T_1^m soit un type T_h^m en ce jour. Les différences entre un tel schéma quantitatif et les modèles T donnent donc une idée de l'approximation que représentent ces modèles.

Mais l'intérêt du schéma de cette figure 52 est d'aider à comprendre la raison de maximums secondaires du S_R de D de sens inverse du type normal du S_R de D et s'insérant dans celui-ci. Ainsi, en une station située en un point tel que A, lorsque le système se déplace, la forme des lignes de courants est telle que l'on doit observer sur le S_R de D une décroissance rapide du maximum Ouest principal, suivie d'une légère augmentation: on aura donc l'apparence d'un maximum secondaire Est dans le maximum Ouest principal. En un point tel que B, le S_R de D prendra pendant un certain intervalle de temps une valeur Est par rapport au niveau-

(1) Nous précisons, au chap. 5, les longitudes où l'invasion est la plus profonde.

figure 49 by the existence of a secondary West maximum before the main East maximum and the existence of a secondary East maximum after the main West maximum. Likewise, in the example of figure 46 (type T_h^m), a very weak secondary West maximum appears in the morning, at Kanoya, before the main East maximum and is therefore the sign of an invasion; but its very small amplitude in relation to that of the maximum which exists in the S_R of H does not permit an explanation of the latter by an invasion only: the existence of such a maximum in H also at Memambetsu shows clearly that we have in fact a T_h^m model.

This phenomenon of the invasion of a system of one hemisphere into the other is extremely frequent; in particular, at the winter solstice of a given hemisphere, this hemisphere is almost always invaded in the morning, more or less deeply⁽¹⁾, by the C_M system of the other hemisphere. Thus, one can understand: 1/ the existence of secondary minimums of the S_R of D which are of opposite sense to the normal type of the S_R of D in the hemisphere considered and which occur before the beginning (or after the end) of this normal type, 2/ the existence of small positive effects at latitudes higher than that of the focus. At the lower latitudes, the positive effect cannot be distinguished from the main maximum of the S_R of H; but the phenomenon of the invasion helps one to understand why very often, in winter, the S_R of H begins very early (often, sooner than in summer).

Figure 52 reproduces another diagram of current-systems, due to D. Van Sabben (26)). This diagram, as for that of figure 50, is a quantitative result: it corresponds to a map of the currents bringing about the S_R variation at 13h30 U. T. on the 21th September 1958. We shall still consider it here from the same point of view (namely, what are the effects of such a system when it moves without undergoing deformations ?) Note first that the chief features of these systems correspond to a T_1^m model in the Northern hemisphere and to a T_h^m model in the Southern hemisphere; the S_R of H at stations located at the latitude of the focus in either hemisphere and on each side of the longitude of the subsolar point corresponding to the time for which this map is established (longitude $22^{\circ}5$ W), actually present either a T_1^m type or else a T_h^m type on this day. The differences between such a quantitative diagram and the T models give therefore an idea of the approximation represented by these models.

But the chief interest of the diagram of this figure 52 is to point out the reason for secondary maximums of the S_R of D, which are of opposite sense to that of the normal type of the S_R of D and are included in it. Thus, at a station located at a point such as A, when the system moves, the shape of the current lines is such that one must observe, in the S_R of D, a rapid decrease of the main West maximum followed by a slight increase: a secondary East maximum will therefore appear in the main West maximum. At a point such as B, the S_R of D will take, during a certain time interval, an East value in relation to the zero-level, before returning West. A distortion

(1) We shall specify, in chapter 5, the longitudes where the invasion is deepest.

zéro, avant de revenir de nouveau à l'Ouest. Une distorsion du système C_M , comme celle qui existe dans la région située autour des points A et B, peut expliquer l'existence des maximums secondaires Est d'après-midi dont nous avons signalé l'existence dans les exemples des figures 47 et 49.

De tels maximums secondaires, de sens inverse de celui du type normal du S_R de D, se distinguent des maximums secondaires causés par une invasion par le fait qu'ils se produisent à l'intérieur du maximum principal. Ils sont fréquemment associés à un modèle T_1^m , et le schéma de la figure 52 fait aisément comprendre pourquoi : un tel modèle T_1^m cause une invasion peu profonde dans la matinée, mais l'ensemble du modèle ne s'incline pas de manière rigide; de là, l'existence de cette distorsion du système dans sa partie Est, qui cause un mouvement secondaire sur le S_R de D.

Il ne faudrait pas en conclure que de tels maximums secondaires du S_R de D sont toujours associés à un modèle T_1^m . Il semble cependant, autant que nous avons pu en juger, que ces maximums secondaires du S_R de D s'insérant à l'intérieur d'un maximum principal ne se produisent guère que dans l'après-midi. Ils sont beaucoup plus fréquents au solstice d'été ou à l'équinoxe qu'au solstice d'hiver⁽¹⁾. A cette dernière saison, ils se produisent plus tôt (vers 15-16h, au lieu de 18h) et sont très faibles.

Le tableau XV résume les traits principaux décrits dans ce paragraphe.

T A B L E A U XV

	Effet d'une <u>invasion</u> du système C_M d'un hémisphère dans l'autre hémisphère	Effet d'une <u>distorsion</u> du système C_M d'un hémisphère dans <u>le même</u> hémisphère
<u>schéma</u>	figure 50	figure 52
<u>S_R de D</u>	effet de sens <u>opposé</u> au S_R normal de l'hémisphère envahi, commençant <u>avant</u> ce S_R ou s'achevant <u>après</u> S_R	effet de sens <u>opposé</u> au S_R normal de cet hémisphère, <u>s'insérant</u> dans ce S_R
<u>S_R de H</u>	effet positif	peu d'effet apparent
<u>saison</u>	surtout en hiver	surtout en équinoxe et en été
<u>T. L.</u>	surtout dans la matinée	surtout dans l'après-midi

(1) Ainsi, ils apparaissent sur la plupart des courbes S_q de D de toute longitude en été ou en équinoxe.

of the C_M system, such as that which exists in the region located around points A and E, can explain the existence, in the afternoon, of the secondary East maximum, whose existence had been noted in the examples of figures 47 and 49.

Such secondary maximums, of opposite sense to that of the normal type of the S_R of D, are different from the secondary maximums produced by an invasion, because they occur within the main maximum. They are frequently connected with a T_1^m model, and the diagram of figure 52 clearly gives the reason: such a T_1^m model produces a shallow invasion in the morning, but the model does not tilt as a whole; hence, the existence of this distortion of the system in its Eastern part, which produces a secondary movement in the S_R of D.

One should not conclude from this that such secondary maximums of the S_R of D are always connected with a T_1^m model. However, it seems, as far as the author could judge, that these secondary maximums of the S_R of D, which are within the main maximum, hardly occur except in the afternoon. They are much more frequent at the summer solstice or at the equinoxes than at the winter solstice⁽¹⁾. At this last season, they occur earlier (about 15h-16h instead of 18h) and are very small.

Table XV summarizes the chief features described in this paragraph.

T A B L E X V

	Effect of an <u>invasion</u> of the system C_M of one hemisphere into the other hemisphere	Effect of a <u>distortion</u> of the C_M system of one hemisphere in the same hemisphere
<u>diagram</u>	figure 50	figure 52
<u>S_R of D</u>	effect of <u>opposite</u> sense to the <u>normal</u> S_R of the invaded hemisphere, beginning <u>before</u> this S_R or ending <u>after</u>	effect of <u>opposite</u> sense to the normal S_R of this hemisphere, <u>included</u> in this S_R
<u>S_R of H</u>	positive effect	little apparent effect
<u>season</u>	mainly in winter	mainly in summer or at the equinoxes
<u>L. T.</u>	mainly in the morning	mainly in the afternoon

(1) Thus, they appear on most of the S_q curves of D at all longitudes in summer or at the equinoxes.

4. 1. 3 - Zone de latitudes où apparaissent les formes décrites en 4. 1. 1. et 4. 1. 2.

La distance en latitude entre Memambetsu et Kanoya est de 13° environ; on peut donc estimer que, pour les exemples des figures 46 à 49, les différents types de S_R de H décrits et interprétés par les modèles T ou F apparaissent en ces jours dans une bande de latitude d'au moins 20°. Comme la latitude du foyer peut varier sans doute de 10° de part et d'autre de sa valeur moyenne, la bande de latitudes où l'on peut rencontrer des S_R de H du type T ou F est très large.

La figure 53 donne un exemple d'un jour où la trace du F_h observé à l'Aquila est nettement visible à Hartland; mais on remarquera de plus que, en ce jour, le S_R de H en ces stations est du type T_h^m . Le tracé en tirets sur l'enregistrement de l'Aquila montre ce que serait le S_R de H s'il était d'un pur type T_h^m . Cet exemple montre donc que le système C_M peut prendre une forme qui correspond à la superposition des modèles T et F. L'effet du modèle T_h^m est encore très net à Lerwick, tandis que l'effet du modèle F_h a disparu; ce dernier était encore visible à Eskdalemuir, sous la forme d'une faible trace, tandis que le premier était encore visible à Tromsø. Par conséquent, il apparaît que l'effet de modèles T peut apparaître jusqu'à des latitudes relativement élevées, tandis que celui des modèles F disparaît plus rapidement. Certes, sur les enregistrements de la figure 53, il existe un maximum secondaire Ouest le matin, qui est le signe d'une invasion; mais son amplitude reste faible par rapport à l'effet positif apparaissant sur H; le modèle T_h^m est donc bien réel. D'autre part, l'effet positif apparaissant le soir, à Lerwick et Hartland, est causé par le système C_P .

Les figures suivantes donnent des exemples, pour les latitudes inférieures à celle du foyer, de la trace des divers types de S_R de H observés aux latitudes proches du foyer:

- 1/ la figure 54 donne un exemple d'une trace de F_1 à Honolulu et Quetta,
- 2/ la figure 55 donne un exemple d'une trace de F_h à M'Bour et Fuquene,
- 3/ la figure 56 donne un exemple d'une trace de T_1^m à Quetta et Tamanrasset⁽¹⁾,
- 4/ la figure 57 donne un exemple d'une trace de T_h^m à M'Bour et Fuquenne⁽²⁾.

Nous avons insisté au paragraphe 3. 2. 3. sur les difficultés que présente parfois l'interprétation du S_R de H aux latitudes tropicales. La connaissance des différents types de S_R observés à la latitude du foyer est indispensable aux observateurs de ces latitudes pour comprendre les déformations secondaires qui apparaissent souvent sur leurs courbes. Cependant la règle 6 a souligné spécialement à leur égard comment ils peuvent procéder.

Les effets d'une invasion du système C_M d'un hémisphère dans l'autre sont très fréquents. La figure 53 montrait que, le 30/1/1960, l'invasion du système de l'hémisphère Sud dans l'hémisphère Nord se faisait sentir jusqu'à Lerwick. Ceci représente

-
- (1) Le type T_1^m est beaucoup plus évolué vers des valeurs positives à Ta qu'à Qu; ceci est dû à ce que Ta a une latitude inférieure de 7°. D'autre part, un événement-SD négatif autour de 15h T. U. tend à accentuer l'apparence du maximum d'après-midi en le raccourcissant.
 - (2) Ici encore, le S_R de H est beaucoup plus évolué vers des valeurs positives à Fq qu'à MB; Fq est 10° plus au Sud que MB.

4.1.3 - Latitude zone where the shapes described in 4.1.1. and 4.1.2. appear.

The distance in latitude between Memambetsu and Kanoya is about 13° ; therefore one can estimate that, for the examples of figures 46 to 49, the various types of the S_R of H described and interpreted by models T and F appear on these days in a latitude band of 20° at least. As the latitude of the focus may vary probably by 10° on either side of its mean value, the latitude band where S_R 's of H of the type T or F may be encountered, is very wide.

Figure 53 gives an example of a day where the trace of the F_h observed at Aquila is distinctly visible at Hartland; but it will be noted moreover that, on this day, the S_R of H at these stations is also of the T_h^m type. The dashed-line on the record of Aquila shows what the S_R of H would be if it was made up of a pure T_h^m type. This example shows therefore that the C_M system may take a shape which corresponds to the superposition of models T and F. The effect of the T_h^m model is still very distinct at Lerwick while the effect of the F_h model has disappeared; the latter was still visible at Eskdalemuir in the form of a weak trace, while the former was still visible at Tromsø. Consequently, one can say that the effect of the T models can appear up to relatively high latitudes whereas that of the F models disappears more rapidly. Of course, on figure 53, a secondary West maximum exists in the morning, which is the sign of an invasion; however its amplitude is small in relation to the positive effect appearing in H; therefore the T_h^m model truly exists. On the other hand, the positive effect, in the evening, at Lerwick and Hartland, is brought about by the C_P system.

The following figures give, for latitudes lower than that of the focus, examples of the trace of various types of the S_R of H observed at latitudes close to the focus:

- 1/ figure 54 gives an example of a trace of F_1 at Honolulu and Quetta,
- 2/ figure 55 gives an example of a trace of F_h at M'Bour and Fuquene,
- 3/ figure 56 gives an example of a trace of T_1^m at Quetta and Tamanrasset⁽¹⁾,
- 4/ figure 57 gives an example of a trace of T_h^m at M'Bour and Fuquene⁽²⁾.

In paragraph 3.2.3., we stressed the difficulties sometimes presented by the interpretation of the S_R of H at low latitudes. A knowledge of the various types of the S_R of H observed at the latitude of the focus is indispensable to observers at these latitudes for understanding the secondary deformations which often appear on their records. However rule 6 has shown how observers, especially at low latitudes, should proceed.

The effects of an invasion of the C_M system of one hemisphere into the other are very frequent. Figure 53 showed that, on 30/1/1960, the invasion of the Southern system into the Northern hemisphere was felt as far as Lerwick. This

- (1) The T_1^m type is much more developed towards positive values at Ta than at Qu; this is due to the lower (by 7°) latitude of Ta. On the other hand, a negative SD-event about 15h U. T. tends to accentuate the afternoon maximum at Ta by shortening it.
- (2) Here again, the S_R of H is much more developed towards positive values at Fq than at MB; Fq is 10° further South.

cependant un caractère spécial de ces longitudes de l'hémisphère Nord. Aux autres longitudes de cet hémisphère ou dans l'hémisphère Sud, l'invasion atteint souvent la latitude du foyer mais ne semble pas remonter beaucoup au delà.

Enfin les maximums secondaires d'après-midi du S_R de D correspondant à une distorsion du système de courants telle que celle de la figure 52, apparaissent surtout aux latitudes proches du foyer et aux latitudes inférieures.

Le tableau XVI indique les zones de latitudes où peuvent apparaître les différentes formes précédemment décrites.

T A B L E A U XVI

	<u>Composante</u>	<u>Zone de latitudes</u>
<u>modèles T</u>	H	toutes les latitudes inférieures aux latitudes aurorales
<u>modèles F</u>	H	15° au moins de part et d'autre de la latitude moyenne du foyer
<u>invasion</u>	H et D	ordinairement jusqu'à la latitude moyenne du foyer de l'hémisphère envahi
<u>distorsion</u>	D	surtout entre la latitude moyenne du foyer et les latitudes inférieures

4. 1. 4 - Effets secondaires des systèmes C_M .

La schématisation des effets des systèmes C_M faite dans les paragraphes 4. 1. 1. et 4. 1. 2. repose sur deux hypothèses: nous avons supposé d'une part que méridien géographique et méridien magnétique étaient confondus, d'autre part que chaque système C_M restait invariable en intensité, forme ou position en latitude lors de la rotation de la Terre.

L'intérêt de cette schématisation est de saisir l'essentiel des traits principaux de la part de la variation S_R qui est causée par les systèmes C_M . Il est cependant nécessaire d'apporter les compléments relatifs aux effets de ces systèmes lorsque ces deux hypothèses simplificatrices ne sont plus faites.

a/ L'effet "méridien magnétique".

Considérons un modèle R se déplaçant au-dessus d'une station située à la latitude du foyer. Lorsque méridiens géographique et magnétique sont confondus, l'effet causé apparaît uniquement sur la composante D. Si le méridien magnétique est à l'Est, une partie de l'effet observé sur D apparaîtra sur H: on observera, par exemple un maximum et un minimum (soit un type T_h^m) dans l'hémisphère Nord,

however represents a special feature of these longitudes of the Northern hemisphere. At other Northern longitudes or in the Southern hemisphere, the invasion often reaches the latitude of the focus but does not seem to go much beyond.

Finally, the afternoon secondary maximums of the S_R of D, corresponding to a distortion of the current system such as that of figure 52, appear mainly at latitudes close to the focus or at lower latitudes.

Table XVI specifies the latitude zones where the various shapes described above may appear.

T A B L E XVI

	<u>Component</u>	<u>Latitude zone</u>
<u>T models</u>	H	all latitudes lower than auroral latitudes
<u>F models</u>	H	at least 15° on either side of the mean latitude of the focus
<u>invasion</u>	H and D	usually up to the mean latitude of the focus of the invaded hemisphere
<u>distortion</u>	D	mainly between the mean latitude of the focus and the lower latitudes

4.1.4 - Secondary effects of the C_M systems.

The schematisation of the effects of C_M systems made in paragraphs 4.1.1 and 4.1.2 rests on two hypotheses: we have assumed on the one hand that the geographical meridian and the magnetic meridian are coincident, on the other hand that each C_M system did not vary in intensity, shape or latitude during the rotation of the Earth.

The interest of this schematisation is to grasp the substance of the main features of that part of the S_R variation which is brought about by the C_M systems. However it is necessary to consider the additional effects of these systems when these two simplifying hypotheses are no longer made.

a/ The "magnetic meridian" effect.

Consider an R model moving above a station located at the latitude of the focus. When the geographical and magnetic meridians are coincident, the effect brought about appears in the D-component only. If the declination of the main field is eastwards, a part of the effect observed in D will appear in H; for instance, a maximum and a minimum (namely a T_h^m type) will be observed in the Northern

et un minimum et un maximum (soit un type T_1^m) dans l'hémisphère Sud. Un méridien magnétique à l'Ouest causerait des effets inverses. Les axes sur lesquels sont enregistrées les variations du champ magnétique, ordinairement déterminés par la direction de la déclinaison moyenne de l'observatoire, peuvent donc avoir une influence non négligeable sur les formes observées.

La comparaison de courbes S_q d'observatoires de même latitude et de longitude différente montre qu'en général les courbes S_q de X et de Y (projection sur les axes géographiques) sont plus proches en forme les unes des autres que les courbes S_q de H et de D. Ceci peut être aisément compris; en effet un système C_M recouvre en général une bande de longitudes de 180° et, dans une telle bande, les variations de la déclinaison moyenne sont souvent assez rapides; or le système C_M est le résultat d'un équilibre général, dans tout l'hémisphère éclairé, de la circulation des courants, et celle-ci est donc relativement indépendante des variations de la déclinaison moyenne, en fonction de la longitude, de part et d'autre du méridien géographique.

Les courbes S_q de H et de D peuvent donc donner une idée de l'importance de cet effet, en général assez régulier et que nous appellerons effet "méridien magnétique". Il est à peu près négligeable par rapport aux effets principaux des systèmes C_M décrits aux paragraphes 4.1.1 et 4.1.2 lorsque la déclinaison moyenne est inférieure à environ 10° . Il n'est plus négligeable lorsque la déclinaison a une valeur supérieure à 10° et il apparaît alors de manière à peu près systématique.

Lorsque la déclinaison a une valeur supérieure à 20° , le S_R de H des stations correspondantes est en général complètement déformé par cet effet; mais, en même temps, un trait supplémentaire de la variabilité jour-à-jour apparaît dans ces régions. Certains jours, l'effet "méridien magnétique" semble anormalement faible; tout se passe comme si, en ces jours, le système C_M dépendait plus étroitement de la configuration du champ moyen. Il en résulte que la variabilité jour-à-jour du S_R dans les régions dont la déclinaison est supérieure à 20° est encore plus grande qu'ailleurs.

Le méridien magnétique s'écarte parfois considérablement du méridien géographique aux hautes latitudes. La remarque que nous faisons ici n'est valable que pour les régions où les effets du système C_P ne sont pas prédominants, c'est-à-dire en gros en dessous de 65° à 70° de latitude magnétique E. R. C.

b/ Variation d'intensité du système C_M .

Les effets d'une variation d'intensité des courants du système C_M peuvent être mis en évidence ((23)). Ils ne semblent pas cependant constituer un trait important de la variabilité jour-à-jour, du point de vue qui nous intéresse ici, parce qu'ils n'introduisent pas une variation de forme du S_R .

Notons seulement que les variations importantes, de jour à jour, de l'amplitude du S_R de H sont plutôt dues à des variations de la latitude du foyer du système C_M qu'à des variations d'intensité. Aux longitudes soumises à l'influence du système C_P dans la journée, une part de la variabilité jour-à-jour de l'amplitude du S_R de H est en dépendance des effets de ce système.

hemisphere, and a minimum and a maximum (namely a T_1^m type) in the Southern hemisphere. A westwards declination would produce the opposite effects. The axes on which the variations of the magnetic field are recorded (these axes are usually determined by the direction of the mean declination at the observatory), may therefore have a significant influence on the observed forms.

The comparison of Sq curves of observatories with the same latitude and a different longitude shows that, in general, the Sq curves of X and Y (projection on the geographical axes) are nearer in form to each other than the curves of H and D. This fact can easily be understood. Indeed, a C_M system in general covers a longitude band of 180° and, in such a band, the variations in declination are often rather rapid; now, the C_M system is the result, in the whole illuminated hemisphere, of a relatively steady circulation of currents, and this circulation is relatively independent of the variations in declination with longitude on either side of the geographical meridian.

Therefore, the Sq curves of H and D can give an idea of the importance of this effect, which is, in general, rather regular and which we shall call "magnetic meridian" effect. It is nearly negligible in relation to the main effects of the C_M systems described in paragraphs 4.1.1 and 4.1.2 when the declination is lower than about 10° . But, it becomes significant when the declination is higher than 10° and then it appears nearly systematically.

When the declination is greater than 20° , the S_R of H of the corresponding stations is, in general, entirely deformed by this effect; but, at the same time, an additional feature of the day-to-day variability appears in these regions. On certain days, the "magnetic meridian" effect appears abnormally small; one gets the impression that, on such day, the C_M system depends more closely on the configuration of the main field. As a consequence, in regions where the declination is greater than 20° , the day-to-day variability of S_R is still greater than elsewhere.

At high latitudes, the angle between magnetic meridian and geographical meridian is sometimes very great. The remark made here is valid only for regions where the effects of the C_P system are not prevalent, that is to say roughly below the E. R. C. magnetic latitudes 65° - 70° .

b/ Variation in intensity of the C_M system.

The effects of a variation in current intensity of the C_M systems can be pointed out ((23)). However they do not seem to be an important feature of the day-to-day variability, from the point of view which interests us here, because they do not produce a variation in shape of S_R .

Note only that the important variations of the amplitude of the S_R of H from day to day, are due rather to variations, in latitude, of the C_M system focus than to variations in current intensity. At longitudes subjected during the day to the influence of the C_P system, a part of the day-to-day variability of the S_R amplitude of H depends on the effects of this system.

c/ Déplacement en latitude du système C_M .

Les effets d'un déplacement en latitude du système C_M , lors de son passage au dessus d'une station, sont aisés à décrire à partir du modèle R. Ainsi, un tel modèle, dérivant de manière régulière vers les latitudes supérieures, causerait un S_R de H analogue au type T_1^m en une station située à une latitude telle que le foyer du système est à cette latitude lorsqu'il traverse la longitude de la station; une dérive de sens inverse causerait un S_R de H analogue au type T_h^m .

Une telle description, déjà schématique pour la latitude du foyer, l'est encore plus pour les autres latitudes; car il est évident que le système C_M ne se déplace pas en latitude comme un ensemble rigide. On peut seulement affirmer que de tels déplacements en latitude ne sont pas rares, et qu'ils introduisent en particulier une certaine dissymétrie dans la forme du S_R de H.

d/ Variation de forme du système C_M .

Les effets d'une variation de forme du système C_M , lors de son passage au-dessus d'une station, sont évidemment les plus difficiles à mettre en évidence. La figure 58 permettra cependant de donner quelques indications à ce point de vue. Elle représente des courbes Sq de X en quatre stations de l'hémisphère Nord, dont la latitude est proche du foyer. A Kakioka, le Sq de X est plutôt du type T_1^m ; à Toledo, il est plutôt du type F_h . Ceci correspond au fait que le type T_1^m est assez fréquent à Kakioka, et le type F_h est fréquent à Toledo. Aux deux autres stations, le Sq de X a une forme intermédiaire; en particulier, vers les longitudes Ouest (c'est-à-dire de haut en bas sur la figure), le maximum secondaire apparaît de plus en plus tôt en temps local, et la dissymétrie entre les amplitudes des deux minimums qui l'entourent devient de plus en plus faible. Ces courbes donnent donc une idée des formes intermédiaires qui existent entre un type T_1^m parfaitement symétrique et un type F_h parfaitement symétrique; elles sont tout à fait représentatives des S_R de H observés en chacune de ces quatre stations: variabilité de l'heure où culmine le maximum secondaire, dissymétrie entre les amplitudes des deux minimums. Celles-ci sont fonction de la longitude à laquelle le système C_M commence à se transformer en passant d'un modèle T_1^m à un modèle F_h .

Il apparaît donc ici que les modèles T et F que nous avons proposés doivent être utilisés avec une très grande plasticité. Seuls les traits généraux des types de S_R de H qu'ils causent doivent en être retenus. En particulier les types F_h ou F_1 du S_R sont rarement symétriques; et ici encore, la règle 6 est essentielle pour l'identification du S_R . Des mouvements secondaires des courbes de H, dont la morphologie est régulière et qui correspondent aux types de S_R que nous avons décrits peuvent être interprétés comme appartenant au S_R de H même si le S_R ainsi identifié est plus ou moins dissymétrique.

Le tableau XVII résume ce qu'il importe de retenir relativement aux effets secondaires des systèmes C_M .

c/ Latitude shift of the C_M system.

The effects of a latitude shift of the C_M system passing over a station are easy to describe from a model R. Thus, such a model, when it drifts regularly towards higher latitudes, would produce an S_R of H similar to the T_1^m type at a station located at a latitude such that the focus of the system is at this latitude when it crosses the longitude of the station; a drift of opposite sense would produce an S_R similar to the T_h^m type.

Such a description, already idealized for the latitude of the focus, is still more so for other latitudes; indeed it is evident that the C_M system does not shift in latitude as a rigid whole. One can however assert that such latitude shifts are not rare, in particular, that they introduce a certain asymmetry in the shape of the S_R of H.

d/ Variation in shape of the C_M system.

The effects of a variation in shape of the C_M system, when passing over a station, are evidently the most difficult to isolate. Some indications however can be given about them with the aid of figure 58. It represents Sq curves of X at four stations of the Northern hemisphere whose latitude is close to the focus. At Kakioka, the Sq of X is rather similar to type T_1^m ; at Toledo it is rather of type F_h . This corresponds to the fact that the T_1^m type is fairly frequent at Kakioka and the F_h type is frequent at Toledo. At the two other stations, the Sq of X is of intermediate shape; in particular, towards West longitudes (that is to say, from top to bottom on the figure), the secondary maximum occurs more and more early in local time, and the asymmetry between the amplitudes of the two minimums which surround it becomes more and more weak. These curves therefore give an idea of the intermediate shapes which exist between a perfectly symmetrical T_1^m type and a perfectly symmetrical F_h type; they are entirely representative of the S_R of H observed at each of these four stations, i. e. variability of the time where the secondary maximum has its greatest amplitude, asymmetry between the amplitudes of the two minimums. These are a function of the longitude at which the C_M system begins to change from a T_1^m model to an F_h model.

The consequence is that the T and F models which we have described must be used with a very great flexibility. Only the general features of the types of the S_R of H which they produce must be retained. In particular, the F_h or F_1 types are rarely symmetrical; and here again, rule 6 is essential for the identification of S_R . Secondary movements of the H-curves, whose morphology is regular and which correspond to the types of the S_R of H described can be interpreted as belonging to the S_R of H even if the S_R thus identified is more or less asymmetrical.

Table XVII summarizes what is important to remember relative to the secondary effects of the C_M systems.

T A B L E A U XVII

Effet	Variation de forme ou déplacement en latitude du système C_M
"méridien magnétique"	
apparaît de manière à peu près régulière sur le S_R de H si $D < 20^\circ$	introduit de manière très fréquente des dissymétries dans les types de S_R de H décrits en 4.1.1.
n'apparaît pas toujours sur le S_R de H si $D > 20^\circ$ d'où variabilité plus grande	

4.1.5 - Effets particuliers du système C_M aux latitudes supérieures à celle du foyer.

Aux latitudes supérieures de 15° à la latitude moyenne du foyer⁽¹⁾ du système C_M , la variabilité jour-à-jour des effets du système C_M est assez faible. Ce sont les effets du système C_P (que nous décrirons au § 4.2) qui introduisent l'élément le plus important de la variabilité jour-à-jour.

Un caractère spécifique de ces latitudes doit cependant être signalé; il est analogue, à certains égards, aux effets du modèle F_1 . En été, la durée du jour augmente rapidement vers les hautes latitudes; ce fait se traduit par un allongement très net de la durée du S_R de D lorsque l'on monte en latitude. Ainsi la figure 59 donne des courbes Sq de D d'été en quatre stations dont la latitude est comprise entre celle du foyer (Toledo: Tl) et la zone aurorale (Lerwick: Le). L'élargissement de la courbe Sq dans la matinée depuis Tl jusqu'à Lerwick est caractéristique. Dans la soirée, le maximum Ouest est déformé aux hautes latitudes par un effet vers l'Est dû au système C_P , mais l'élargissement est également net.

La figure 59 donne également les courbes Sq de H: elles sont, sauf à Toledo (latitude du foyer), principalement constituées d'un minimum. Un maximum important existe dans la soirée, dont l'amplitude croît avec la latitude; il est dû aux effets du système C_P . Dans la matinée, il existe également un faible maximum (vers 4h30 T. L.); son amplitude varie peu avec la latitude, et il n'apparaît pas à la latitude du foyer.

La figure 60 donne des enregistrements pour trois des stations de la figure 59 (Aquila est de latitude équivalente à Toledo). Le maximum matinal sur H est très clair à Le et à Ha, mais n'existe pas à Aq. Il commence plus tôt à Le qu'à Ha, de même que le S_R de D.

(1) Donnons ici une estimation de la latitude moyenne du foyer, à partir de quelques observatoires indiqués sur la figure 29. Le signe > (ou <) indique que le foyer est nettement à une latitude légèrement supérieure (ou inférieure) de 3° à 5° environ:
 - hémisphère Nord: Kakioka (Ka), < Tashkent (Tk), Aquila (Aq), < San Miguel (SM), < Tucson (Tu)
 - hémisphère Sud: Gwangara (Gn), Hermanus (Hr), > Trelew (Tw).

T A B L E XVII

<p>"Magnetic meridian" effect</p> <p>occurs nearly regularly in the S_R of H if $D < R_{20}^0$</p> <p>does not always occur in the S_R of H if $D > R_{20}^0$ whence greater variability</p>	<p>Variation in shape or latitude shi. of the C_M system</p> <p>introduces very frequently some asymmetries in the types of the S_R of H described in 4. 1. 1.</p>
--	--

4. 1. 5 - Particular effects of the C_M system at latitudes higher than that of the focus.

At latitudes higher by 15^0 than that the mean latitude of the focus⁽¹⁾, the day-to-day variability of the effect of the C_M system is rather weak. It is the effect of the C_P system, described in § 4. 2. , which produces the most important part of the day-to-day variability.

A characteristic feature at these latitudes, however, must be mentioned; it is analogous, in some respects, to the effects of the F_1 model. In summer, the duration of the hours of daylight increases rapidly towards high latitudes, with a corresponding very distinct lengthening of the duration of the S_R of D. Thus figure 59 gives Sq curves of D in summer at four stations whose latitude is included between that of the focus (Toledo: Tl) and the auroral zone (Lerwick: Le). The East maximum in the morning is much broader at Le than at Tl; in the evening, the West maximum is pushed out of shape at high latitudes by an East effect due to the C_P system but the broadening is equally clear.

Figure 59 gives also the Sq curves of H: they are mainly made up of a minimum, except at Toledo (latitude of the focus). A large maximum exists in the evening but its amplitude increases with latitude: it is due to the C_P system. In the morning, a small maximum exists (about 4h30 L. T.); its amplitude varies little with latitude, and it does not appear at the latitude of the focus.

Figure 60 gives records for three of the stations of figure 50 (Aquila has nearly the same latitude as Toledo). The morning maximum in H is very clear at Le and Ha, but does not exist at Aq; it begins sooner at Le than at Ha, as does also the S_R of D.

(1) Let us give here the mean latitude of the focus, in relation to some observatories plotted on fig. 29. The sign $>$ (or $<$) indicates that the focus is at a latitude slightly higher (or lower) by about 3^0 to 5^0 :

- Northern hemisphere: Kakioka (Ka), $<$ Tashkent (Tk), Aquila (Aq), $<$ San Miguel (SM), $<$ Tucson (Tu)
- Southern hemisphere: $<$ Gngara (Gn), Hermanus (Hr), $>$ Trelew (Tw).

A première vue, l'existence d'un effet positif sur le S_R de H qui serait dû au système C_M et disparaîtrait à la latitude du foyer est paradoxale. En effet, sur H, le système C_M doit causer un effet régulièrement croissant depuis des valeurs négatives vers des valeurs positives lorsqu'on va des hautes latitudes vers les basses latitudes. Cependant une déformation du système C_M , analogue à celle du modèle F_1 , peut expliquer ceci. Les deux maximums causés par ce modèle étaient dus à ce que, à la latitude du foyer, les lignes de courant ne sont pas N-S mais convergent vers les basses latitudes⁽¹⁾. Ceci signifie que, dans la matinée et dans l'hémisphère Nord, elles ont une direction NWN-SES. Or, si, en été, la durée du jour est plus longue vers les latitudes supérieures, les lignes de courants dans la matinée vont avoir tendance à s'étendre vers l'Ouest à ces latitudes; elles auront donc une direction NWN-SES, et un faible effet positif apparaîtra sur H.

Le maximum matinal du S_R de H des enregistrements de Le et Ha de la figure 60 semble bien relever d'une telle interprétation.

Cet effet particulier du système C_M en été (et pendant une partie de l'équinoxe), aux latitudes supérieures à celles du foyer, semble devoir être un caractère qui existe à toutes les longitudes, aussi bien dans la soirée que dans la matinée. Sur les longitudes européennes, il est masqué dans la soirée par les effets du système C_P (que nous décrirons au § 4.2). Sur d'autres longitudes, soit ces mêmes effets, soit l'effet "méridien magnétique" peuvent le masquer⁽²⁾.

Son caractère propre est sa variabilité très grande de jour à jour (ainsi, il n'existe pas sur le S_R du jour suivant, aux stations de la figure 60). Cette variabilité doit d'ailleurs être rapprochée de la variabilité du S_R de D dans la nuit en été à ces mêmes latitudes; celle-ci constitue sans doute l'un des problèmes les plus difficiles d'une analyse quantitative exacte des effets du système C_M parce que la détermination du niveau-zéro devient extrêmement difficile.

En gros, on peut dire que, certaines nuits d'été, la disjonction entre les S_R de D de deux jours consécutifs est très nette: on observe un niveau constant dans la nuit. D'autres nuits, cette disjonction est impossible à discerner; on observe une dérive rectiligne régulière toute la nuit (Ouest-Est dans l'hémisphère Nord, Est-Ouest dans l'hémisphère Sud). Entre ces deux extrêmes, tous les intermédiaires existent. Ceci est retrouvé, à un moindre égard, en équinoxe.

L'agitation est souvent assez grande, dans la nuit, sur la composante D pour que les incertitudes dans l'identification du S_R à ces heures soient négligeables. Lorsque l'aspect de l'enregistrement est très calme, la courbe pourra ordinairement être suivie d'assez près pour l'identification du S_R , conformément à la règle 6.

Le Tableau XVIII résume les principaux traits à retenir.

-
- (1) L'excentration du foyer vers les basses latitudes, dans un modèle F_1 , correspond à une telle convergence des lignes de courant vers les basses latitudes.
 - (2) La densité assez grande du réseau d'observatoires européens nous a permis d'identifier un tel phénomène avec une relative certitude. Nous n'avons pu l'identifier ailleurs, mais normalement il devrait également y exister.

At first sight, the existence of a positive effect in the S_R of H, produced by the C_M system and disappearing at the latitude of the focus, seems paradoxical. Indeed, in H, the C_M system should bring about an effect increasing regularly from negative values to positive values as one goes from high latitudes to low latitudes. However, a deformation of the C_M system, analogous to that of the F_1 model, can explain this. The two maximums caused by this model are due to the fact that, at the latitude of the focus, the current lines do not have a North-South direction, but converge towards low latitudes⁽¹⁾. This means that, in the morning and in the Northern hemisphere, they have a NNW-SSE direction. Now, as, in summer, the duration of day-time is longer towards higher latitudes, the current lines in the morning will have a tendency to spread westwards at these latitudes; consequently, they will have a NNW-SSE direction, and a small positive effect will appear in H.

The morning maximum of the S_R of H on the records of Le and Ha in figure 60 seems to admit such an interpretation.

This special feature of the C_M system in summer (and during part of the equinoxes), at latitudes higher than that of the focus, should be a feature which exists at all longitudes, in the evening as well as in the morning. At the European longitudes, it is masked in the evening by the effects of the C_P system (which we shall describe in § 4.2). At other longitudes, either these same effects, or the "magnetic meridian" effect, may mask it⁽²⁾.

Its special character is its great variability from day to day (thus, it does not exist in the S_R of the next day, at the stations of figure 60). This variability must be related to the nocturnal variability of the S_R of D, in summer, at the same latitudes; the latter constitutes probably one of the most difficult problems in an exact quantitative analysis of the effects of the C_M system, because the determination of the zero-level becomes extremely difficult.

One can say roughly that, in some nights in summer, the separation between the S_R 's of D of two consecutive days is very clear: a constant level is observed at night. On other nights, this separation is impossible to discern: a regular rectilinear drift (eastwards in the Northern hemisphere, westwards in the Southern one) is observed all night. Between these two extremes, all the intermediate situations are encountered. This exists also, in a smaller degree, at the equinoxes.

The agitation is often large enough at night, in the D-component, to make the uncertainties in the S_R identification negligible. When the aspect of the record is very quiet, the curve may ordinarily be followed quite closely for the S_R identification, in conformity with rule 6.

Table XVIII summarizes the chief features to remember.

-
- (1) The shift of the focus towards low latitudes, in a F_1 model, is equivalent to such a convergence of the current lines towards low latitudes.
 - (2) The rather great density of the network of European observatories has allowed us to identify such a phenomenon with relative certainty. We could not identify it elsewhere, but normally it should also exist there.

T A B L E A U XVIII

Effet de l'extension en longitude
du système C_M
aux latitudes supérieures à celle du foyer

<u>sur D</u>	<u>sur H</u>
elle cause souvent une variation nocturne du S_R sous la forme d'une dérive ^R de pente très variable (1)	elle peut causer un effet positif soit le matin soit le soir
(1) Dans l'hémisphère Nord, des effets importants du système C_P introduisent une variabilité importante dans la nuit à certaines longitudes.	

4.1.6 - Effets particuliers du système C_M aux latitudes inférieures à celle du foyer.

Le S_R de H est en général relativement simple aux très basses latitudes. Si, parfois, une trace des modèles T ou du modèle F_h introduit une variation négative aux latitudes proches de l'équateur magnétique ($\pm 15^\circ$, par exemple), ceci reste assez rare. Presque toujours, le S_R de H est uniquement positif, et il est assez grand en cours de journée pour que la complexité de la forme des lignes de courants dans cette région ne se traduise sur cette composante que par de légères déformations du maximum principal. On notera que les schémas des figures 50 et 52, qui correspondent à des analyses quantitatives, montrent bien la complexité très grande de la forme des lignes de courants de part et d'autre de l'équateur. On peut parler, en quelque sorte, d'une interaction entre les deux systèmes.

Par contre, le S_R de D devient d'amplitude faible à ces mêmes latitudes puisque cette région représente la région de transition entre le type Nord et le type Sud; des déformations secondaires apparaîtront d'autant mieux. Mais on peut affirmer que, pratiquement, cette transition ne se fait presque jamais sous la forme d'une absence de variation et que la variabilité jour-à-jour est très grande.

Au solstice d'hiver, l'invasion plus ou moins profonde du système C_M de l'autre hémisphère est une première cause de cette variabilité: d'un jour à l'autre, on pourra observer un type inverse du jour précédent. Dans la matinée, l'invasion causera presque toujours un mouvement secondaire de sens inverse du type normal.

Mais une variabilité très grande existe également en milieu de journée, et elle est si grande qu'il devient impossible d'en établir une morphologie. La cause peut cependant en être aisément comprise. Il suffit que l'orientation des lignes de courants, principalement dirigées Ouest-Est, varie légèrement pour qu'une variation secondaire non négligeable apparaisse sur le S_R de D sans que le S_R de H soit sensiblement modifié. La figure 61 aidera à comprendre ceci. Elle représente les courbes S_q de D en deux stations situées à environ 10° de part et d'autre de l'équateur magnétique et où la valeur de la déclinaison moyenne est proche de 0° . Au solstice de juin, le S_q de D à Guam (hémisphère Nord) est principalement du type Nord; au solstice de

T A B L E XVIII

Effect of the spread
of the C_M system
at latitudes higher than the latitude of the focus

<u>in D</u>	<u>in H</u>
it often causes a nocturnal variation of S_R in the form of a drift with very variable slope (1)	it may produce a positive effect either in the morning or in the evening
(1) In the Northern hemisphere, appreciable effects of the C_D system introduce a significant variability during the night at certain longitudes.	

4.1.6 - Particular effects of the C_M system at latitudes lower than that of the focus.

The S_R of H, in general, is relatively simple at very low latitudes. Although sometimes, a trace of models T or of models F_h introduces a small negative variation at latitudes near the magnetic equator ($\pm 15^\circ$, for instance), it is rather rare. Almost always, the S_R of H is positive only and is so large during the day that the complexity in shape of the current lines in this region shows up in this component by slight deformations of the main maximum only. Note that the diagrams of figures 50 and 52, which correspond to quantitative analyses, point out clearly the very great complexity in shape of the current lines on either side of the equator. One can speak, in some respects, of an interaction between the two systems.

On the contrary, the S_R of D becomes very small in amplitude at these latitudes since this region is a transition zone between the North type and the South type; secondary deformations will be all the more apparent. But one can say that, practically, this transition hardly ever appears in the form of an absence of variation and that the day-to-day variability is very great.

At the winter solstice, the more or less deep invasion by the C_M system of the other hemisphere is a first cause of the variability; and, from one day to another, one can observe a type opposite to that of the preceding day. In the morning, the invasion will almost always cause a secondary movement of opposite sense to that of the normal type.

But a very great variability also exists in the middle of the day, and it is so great that it becomes impossible to establish its morphology. Its cause however can be easily understood. A slight variation of the orientation of the current lines, which is mainly West-East, is sufficient to produce a significant secondary variation in the S_R of D without appreciably modifying the S_R of H. Figure 61 illustrates this fact. It represents the Sq curves of D at two stations located at about 10° on either side of the magnetic equator (the value of the mean declination is close to 0° at these stations). At the June solstice, the Sq of D at Guam (Northern hemisphere) is mainly of the North

décembre, celui de Hollandia (hémisphère Sud) est principalement du type Sud, Inversement, au solstice de décembre, le Sq de D à Guam est d'amplitude très faible et représente manifestement un type Nord, contaminé par une invasion dans la matinée et dans la soirée. Mais celui de Hollandia, au solstice de juin, est beaucoup plus grand; il n'est ni du type Nord, ni du type Sud, et le maximum Ouest culmine à la même heure que le Sq de H (le maximum Ouest culmine à 8h30 à l'autre solstice). Selon l'amplitude du Sq de H à cette heure, ceci correspond à une direction du vecteur champ (causé par le S_R) d'environ 20° vers l'Ouest. Or, sur ces longitudes, le système C_M de l'hémisphère Nord présente de manière prépondérante une forme correspondant au modèle T_1^m , lequel correspond lui-même à une telle inclinaison vers l'Ouest. Il apparaît donc que, en milieu de journée, Hollandia est principalement soumis à l'influence du système C_M de l'hémisphère Nord, d'où la forme complexe du Sq de D.

Par conséquent, dans cette région frontière entre les deux systèmes C_M , leurs effets apparaissent principalement sur le S_R de H; mais de légères variations de l'orientation des lignes de courants, soit d'un jour à l'autre, soit au cours de la même journée, peuvent causer des effets extrêmement complexes sur le S_R de D.

Dans cette région, la règle 6 sera d'un usage constant pour l'identification du S_R de D; il devient même nécessaire d'en modifier légèrement l'énoncé. Celui-ci envisageait des mouvements secondaires "ressemblant" à un mouvement que le S_R peut causer; dans le cas des S_R de D des latitudes situées de part et d'autre de l'équateur, on peut préciser que pratiquement tout mouvement secondaire d'une courbe de D morphologiquement très calme peut avec une très grande probabilité être interprétée comme appartenant au S_R .

Un autre fait doit être signalé pour le S_R de D des latitudes inférieures à celle du foyer. Son début est parfois assez brusque; si la sensibilité de l'enregistrement est assez grande, on observera parfois presque un point anguleux. Ce caractère est moins marqué pour la fin du S_R de D.

La figure 62 donne la reproduction d'un enregistrement de Guam où ce fait apparaît aussi bien le soir que le matin. Il semblerait correspondre à ce que, dans ces régions où la frontière nuit-jour est plus abrupte (la durée du crépuscule y est courte), la frontière du système C_M serait elle-même assez bien définie. Ce phénomène est beaucoup moins marqué au solstice d'hiver par suite de l'invasion fréquente du système de l'autre hémisphère.

Notons en terminant que, dans cette zone de latitudes, l'agitation est ordinairement plus faible sur la composante D que sur la composante H; par conséquent, l'indice K est presque toujours déterminé par la mesure faite sur cette dernière. Ainsi, supposons qu'un mouvement secondaire d'allure régulière de la courbe de D soit interprété comme étant une variation-K et donne une valeur plus élevée que la mesure sur H; ceci est le signe à peu près certain que ce mouvement secondaire appartient en fait à la variation S_R .

A ce point de vue, il serait possible de faire la remarque suivante: la Tableau III (cf. p. 19) montre que, sur la zone aurorale (Tr), les $K_H > K_D$

type; at the December solstice, the Sq of D at Hollandia (Southern hemisphere) is mainly of the South type. Conversely, at the December solstice, the Sq of D at Guam is very small in amplitude and represents obviously a North type, contaminated by an invasion in the morning and in the evening. But the Sq of D at Hollandia at the June solstice is much larger; it corresponds neither to the North type nor to the South type, and the West maximum culminates at the same time as the Sq of H (it culminates at 8h30 at the other solstice). According to the amplitude of the Sq of H at this time, the direction of the S_R field vector is then approximately 20° W. Now, at these longitudes, the prevalent shape of the Northern C_M system corresponds to the T_1^m model whose tilt itself corresponds to such a westwards direction. Therefore, it appears that, in the middle of the day, Hollandia is mainly subjected to the influence of the Northern system, whence the complex shape of the Sq of D.

Consequently, in this boundary region between the two C_M systems, their effects appear mainly in the S_R of H; but slight variations in the orientation of the current lines, either from one day to another, or else in the course of one day, may produce some extremely complex effects in the S_R of D.

In this region, rule 6 will be of constant use for the identification of the S_R of D; it even becomes necessary to modify its wording a little. The latter considered secondary movements "resembling" a movement which S_R may produce; in the case of the S_R 's of D at latitudes located on either side of the equator, one can specify that practically any secondary movement of a morphologically very quiet D-curve can with a very great probability be interpreted as belonging to S_R .

Another fact must be mentioned relative to the S_R of D at latitudes lower than that of the focus. Its commencement is sometimes rather sudden; if the record sensitivity is large enough, one will sometimes observe an almost angular point. This feature is less marked in the end of the S_R of D.

Figure 62 gives the reproduction of a Guam record where this fact appears in the evening as well as in the morning. Probably its cause is that, in these regions where the boundary between night and day is more abrupt (the duration of the twilight is short there), the boundary of the C_M system would itself be rather well defined. This phenomenon is much less marked at the winter solstice because of the frequent invasion by the system of the other hemisphere.

Note finally that, in this latitude zone, the agitation is generally weaker in the D-component than in the H-component: consequently, the K-index is nearly always determined by the measurement made on the latter. Thus, suppose that a smooth secondary movement of the D-curve is interpreted as being a K-variation and gives a value higher than the measurement made in H; this is a practically conclusive sign that this secondary movement in fact belongs to the S_R variation.

On this point, the following remark could be made: table III (cf. p. 19) shows that, on the auroral zone (Tr) the $K_H > K_D$ prevail; at Ha (50° of latitude in the equatorial

prédominant; à Ha (50° de latitude dans le système de l'anneau équatorial), $K_H > K_D$ et $K_D > K_H$ sont en nombre équivalent; à Ks (27° de latitude), les $K_H > K_D$ prédominent de nouveau, mais les $K_D > K_H$ ne sont pas rares pour les indices $K \geq 4$.

Par conséquent, tandis qu'aux latitudes magnétiques E. R. C. supérieures à environ 35° , l'observateur doit toujours porter attention aux deux composantes horizontales lors des mesures, il peut le plus souvent négliger la composante D aux latitudes inférieures lorsque l'agitation est faible. Mais, lorsque l'agitation devient plus grande, il doit toujours vérifier si l'indice K n'est pas déterminé par la composante D. Aux observatoires situés à une latitude magnétique E. R. C. inférieure à 15° , l'indice K_D n'est peut-être jamais supérieur à l'indice K_H ; vérification devrait cependant en être faite en cas d'orages.

4.2. - LE SYSTEME C_P .

Les systèmes C_M correspondent à la notion classique des systèmes de courants Sq, tels qu'ils ont été décrits maintes fois dans la littérature. Nous avons seulement cherché dans le paragraphe 4.1 à présenter la variabilité jour-à-jour des effets de ces systèmes à partir d'une description planétaire.

Par contre, un système de courants centré dans les régions polaires, tel que le système C_P , correspond à une notion nouvelle; nous en avons établi l'existence récemment ((23)). Il est donc possible que, dans l'avenir, nos conclusions ne soient pas confirmées. A ce point de vue, les observateurs doivent considérer que l'interprétation des faits que nous décrirons devra peut-être être modifiée. Cependant, nous croyons que la description des faits eux-mêmes reste valable au point de vue qui nous intéresse ici: l'identification de la variation S_R sur les enregistrements, en vue de son élimination dans la mesure des indices K.

Nous décrirons d'abord les faits qui conduisent à supposer l'existence d'un phénomène qui est propre aux régions polaires et contribue à former la variation S_R (§ 4.2.1). Puis nous exposerons les points essentiels qui en résultent pour les zones de latitudes soumises à l'influence du système C_P (§ 4.2.2 et 4.2.3).

4.2.1 - Description générale du système C_P .

Deux faits postulent l'existence d'un phénomène propre aux régions polaires:

- 1/ les courbes Sq des latitudes sub-aurorales présentent une composante "temps universel" périodique; l'amplitude de cet effet, principalement formé d'une variation positive sur la composante H, croît vers les latitudes supérieures;
- 2/ il existe, à l'intérieur de la zone aurorale, des variations régulières qui sont distinctes du SD et dont l'intensité est très grande.

4.2.1.1. - Composante "temps universel" périodique du Sq aux latitudes sub-aurorales.

Au chapitre 1.2., nous avons insisté sur le fait que l'existence d'une variation journalière statistique prouve uniquement que certains phénomènes se produisent plus ou moins régulièrement chaque jour. Seul, l'examen des enregistrements

ring current system), $K_H > K_D$ and $K_D > K_H$ are nearly the same in number; at K_s (27° of latitude), the $K_H > K_D$ again prevail, but the $K_D > K_H$ are not rare for indices $K \geq 4$.

Consequently, whereas, at E. R. C. magnetic latitudes higher than about 35° , the observer must always pay attention to the two horizontal components when measuring, he can usually neglect the D component at lower latitudes when the agitation is weak. But, then the agitation becomes greater, he must always check whether the K index is not determined by the D component. At observatories located at E. R. C. magnetic latitudes lower than 15° , the K_D index is probably never higher than the K_H index; a check should however be made during storms.

4.2. - THE C_P SYSTEM.

The C_M systems correspond to the classical concept of the Sq current systems, as they have often been described in the literature. We have attempted in § 4.1 only to point out, in a planetary description, the day-to-day variability of the effects of these systems.

On the contrary, a current-system centred in the polar regions, such as the C_P system, corresponds to a new concept; we have recently established its existence ((23)). However, in the future, our conclusions may not be confirmed and observers must consider that the interpretation of the facts which we shall describe will perhaps have to be modified. Nevertheless we believe that the description of the facts themselves remains reliable from the point of view which concerns us here: the identification of the S_R variation on the records for its elimination in the measurement of the K indices.

We shall first describe the facts which compel one to assume the existence of a phenomenon peculiar to the polar regions and contributing to the S_R variation (§ 4.2.1). Then we shall state the main points which result from its existence for the latitude zones subjected to its influence (§ 4.2.2 and 4.2.3).

4.2.1 - General description of the C_P system.

Two facts demand the existence of a phenomenon peculiar to the polar regions:

- 1/ the Sq curves of the subauroral latitudes present a periodic "universal time" component; the amplitude of this effect, made up mainly of a positive variation in the H-component, increases towards higher latitudes;
- 2/ in the interior of the auroral zone, there exist regular variations which are distinct from SD and whose amplitude is very large.

4.2.1.1. - Periodic "universal time" component of Sq at subauroral latitudes.

In chapter 1.2., we have stressed the fact that the existence of a statistical daily variation proves only that certain phenomena occur each day more or less regularly. Nothing but a survey of individual records permits one to determine what

individuels permet de déterminer quelles sont les variations individuelles qui causent la variation statistique.

Ainsi, aux moyennes et basses latitudes, cet examen montre que la variation statistique Sq correspond à l'existence d'une "variation continue d'allure régulière", qui ressemble à la variation Sq elle-même et qui est d'une durée à peu près analogue; de plus, cette variation individuelle apparaît à peu près synchrone en temps local d'une longitude à l'autre. Par contre, la variation statistique SD correspond à l'existence de variations qui sont parfois d'allure régulière, mais qui durent un laps de temps toujours très inférieur à celui de la variation statistique; de plus, elles sont synchrones en temps universel d'une longitude à l'autre. La composante "temps local" de la variation statistique SD est principalement due au fait que la fréquence d'apparition des événements est plus grande autour de certaines heures locales et qu'ils ont alors toujours le même sens de variation.

Mais il peut exister un autre type de variations, qui sont également synchrones en temps universel, sur les enregistrements individuels, d'une longitude à l'autre et dont l'effet statistique est complètement différent. En effet, si une variation ne se produit qu'autour d'une heure donnée des 24 heures "temps universel" quelle que soit la longitude et si elle se produit régulièrement chaque jour avec le même sens de variation, elle doit causer un effet statistique qui apparaîtra autour de cette heure "temps universel" sur les courbes de variation journalière ("temps local") d'observatoires de longitude différente. Il faut alors parler de composante "temps universel" périodique de la variation journalière.

La figure 63 donne des courbes Sq de H des trois saisons pour les années 1958-60 en une série d'observatoires de l'hémisphère Nord. Le carré indique pour chaque observatoire l'heure 18h30 T. U. ; les différences de longitude peuvent être ainsi aisément appréciées. Les observatoires ont été rangés en trois lignes, de sorte que ceux situés sur la même ligne soient de latitude comparable au point de vue des effets du système C_M (en particulier, le minimum principal en milieu de journée devrait être de même amplitude).

La variation de forme de ces courbes Sq en fonction de la longitude et de la latitude (laquelle est beaucoup plus grande en été qu'en hiver) peut s'expliquer par l'existence d'un effet positif, dont l'amplitude croît vers les latitudes supérieures et de l'hiver à l'été et qui existe autour de la même heure "temps universel" (en gros 19h T. U.) à toutes les longitudes ⁽¹⁾. Il est plus faible sur les longitudes opposées à celle pour laquelle le midi local est proche de cette heure T. U. ; il serait plus tôt, en temps universel, sur les longitudes de Sr et de Ya.

Un phénomène analogue existe dans l'hémisphère Sud autour de 4h T. U. ; son amplitude reste assez grande aux longitudes qui sont opposées à celle sur laquelle le midi local est à 4h T. U. Cette différence entre les deux hémisphères correspond au fait qu'une partie de cet effet apparaît sur la composante D dans l'hémisphère

(1) Cf ((23)) pour une discussion plus détaillée; en particulier, les maximums secondaires qui apparaissent à d'autres heures peuvent être interprétés par des effets du système C_M .

are the individual variations bringing about the statistical variation.

Thus, at middle and low latitudes, such a survey shows that the mean Sq variation corresponds to the existence of a "continuous variation of regular aspect" which resembles the Sq variation itself and whose duration is nearly similar; moreover, this individual variation appears nearly synchronous in local time from one longitude to another. On the contrary, the statistical SD variation corresponds to the existence of variations which are sometimes of regular aspect, but whose duration is always much shorter than that of the statistical variation; moreover, they are synchronous in universal time from one longitude to another. The "local time" component of the statistical SD variation is mainly due to the fact that the frequency of occurrence of the SD-events is greater around certain local hours and that the sense of variation of these events is always the same at these times.

But, there can exist another type of variation, which is equally synchronous in universal time on the individual records from one longitude to another, and whose statistical effect is entirely different. Indeed, if a variation occurs only around a given hour of the 24 hours U. T. whatever be the longitude, and if it occurs regularly each day with the same sense of variation, it must bring about a statistical effect which will appear around this "universal time" hour on the daily (in "local time") variation curves of observatories with different longitude. One must then speak of a periodic "universal time" component of the daily variation.

Figure 63 gives some Sq curves of H for the three seasons of the years 1958-60 in a set of Northern observatories. The square indicates for each observatory the time 18h30 U. T. ; thus the longitude difference can easily be estimated. The observatories have been distributed on three rows so that those located on the same row are comparable with each other in latitude from the point of view of the effects of the C_M system (in particular, the main minimum in the middle of the day should be of the same amplitude).

The variation in shape of these Sq curves with longitude and latitude (which is much greater in summer than in winter) can be explained by the existence of a positive effect, whose amplitude increases towards higher latitudes and from winter to summer, and which exists about the same "universal time" (roughly 19h U. T.) at all longitudes⁽¹⁾. It is smaller in longitudes opposite to that where the local noon is close to this U. T. hour; it would be a little sooner, in universal time, at the longitudes of Sr and Ya.

An analogous phenomenon exists in the Southern hemisphere about 4h U. T. and its amplitude is still quite large at the longitudes which are opposite to that where the local noon is at 4h U. T. This difference between the two hemispheres corresponds to the fact that a part of this effect appears in the D component in the Northern hemisphere and produces likewise a periodic "universal time" component in the Sq of D:

(1) Cf ((23)) for a more detailed discussion; in particular, the secondary maximums which appear at other times can be interpreted as effects of the C_M system.

Nord et cause également une composante "temps universel" périodique sur le Sq de D: on observe un effet Est (autour de la même T. U.) sur les longitudes situées à l'Est du méridien de Ag-Fr et un effet Ouest sur les longitudes situées à l'Ouest de ce méridien. Aucun effet semblable ne semble exister sur D dans l'hémisphère Sud.

Une telle différence entre les deux hémisphères provient sans doute de la différence entre les configurations du champ moyen dans chaque hémisphère. Dans l'hémisphère Nord, les isoclines ont une forme beaucoup plus allongée que dans l'hémisphère Sud. Les lignes de courant causant l'effet décrit suivraient à peu près la forme des isoclines dans l'hémisphère Sud, mais couperaient celles-ci dans l'hémisphère Nord.

La figure 64 donne un exemple de cet effet positif sur le S_R de H en trois stations de l'hémisphère Sud. Il apparaît dans la nuit locale à Ar, dans la matinée à Kg et dans l'après-midi à Am.

Nous décrivons plus en détail la variabilité jour-à-jour de cet effet positif sur H (et des effets sur D dans l'hémisphère Nord) au paragraphe 4.2.2.; résumons ici les traits principaux de ce phénomène à l'extérieur de la zone aurorale et sur la zone aurorale:

a/ l'existence d'un effet positif sur H, apparaissant de manière simultanée autour de certaines heures T. U. à toute longitude, est équivalente à celle d'un courant circulant autour de la zone aurorale, qui est de sens contraire à celui des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère Nord, de même sens que celui des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère Sud;

b/ ce courant existe dans chaque hémisphère autour des heures auxquelles le Soleil traverse les méridiens proches du pôle magnétique E. R. C. (19h T. U. dans l'hémisphère Nord, 4h T. U. dans l'hémisphère Sud), pendant une période de 6 à 10 heures en moyenne;

c/ la bande de latitudes soumise à l'influence de ce courant est très large; ainsi les courbes Sq d'un cycle de onze années montrent qu'en été l'effet est de 20 gammas à Lerwick et de 10 gammas à Hartland (pour comparaison, le minimum principal dû à l'effet du système C_M est d'environ 40 gammas à Le pendant la même période et d'environ 26 gammas à Hartland); en moyenne, son effet se fait sentir jusqu'à une latitude magnétique E. R. C. d'au moins 45° ; sur les longitudes proches du pôle magnétique, il se fait souvent sentir jusqu'à une latitude de 35° en été;

d/ l'intensité du courant est plus grande au solstice d'été de chaque hémisphère; son effet reste souvent apparent en hiver aux latitudes magnétiques E. R. C. supérieures à 50° (voir fig. 53, où il est encore visible sur un enregistrement de Hartland);

e/ son amplitude suit à peu près la variation undécennale de l'activité solaire.

4.2.1.2. - Variations régulières à l'intérieur de la zone aurorale

L'identification de variations régulières à l'intérieur de la zone aurorale est extrêmement difficile par suite de l'agitation presque constante qui y existe dans

it is made up of an East effect (about the same U. T. hour) in longitudes located East of the Ag-Fr meridian and of a West effect in longitudes located West of this meridian. No similar effect in D seems to exist in the Southern hemisphere.

Such a difference between the two hemispheres probably arises from the difference between the configuration of the main field in each hemisphere: the isoclines have a much more elongated shape in the Northern hemisphere than in the Southern one. The current lines bringing about the effect described would nearly follow the shape of the isoclines in the Southern hemisphere, but would cut them in the Northern.

Figure 64 gives an example of this positive effect in the S_R of H at three stations of the Southern hemisphere. It occurs during the local night at Ar, in the morning at Kg and in the afternoon at Am.

We shall describe in more detail the day-to-day variability of this positive effect in H (and of the effects in D in the Northern hemisphere) in paragraph 4.2.2.; let us summarize here the chief features of this phenomenon outside the auroral zone and on the auroral zone:

a/ the existence of a positive effect in H, which occurs simultaneously around certain U. T. hours at every longitude, is equivalent to that of a current flowing around the auroral zone; its sense is counter-clockwise in the Northern hemisphere, clockwise in the Southern hemisphere;

b/ this current exists in each hemisphere at about the time when the Sun crosses the meridians close to the E. R. C. magnetic pole (19h U. T. in the Northern hemisphere, 4h U. T. in the Southern hemisphere); it flows during a time interval of 6 to 10 hours on the average;

c/ the latitude band subjected to the influence of this current is very wide; thus the Sq curves of an eleven year cycle show that, in summer, the effect is 20 gammas at Lerwick and 10 gammas at Hartland (for comparison, the amplitude of the main minimum due to the effect of the C_M system is about 40 gammas at Lerwick during the same period and about 26 gammas at Hartland); its effect is felt, on the average, down to an E. R. C. magnetic latitude of 45° at least; at longitudes close to the magnetic pole, it is often felt down to a latitude of 35° in summer;

d/ the intensity of this current is larger at the summer solstice of each hemisphere; its effect often remains apparent in winter at the E. R. C. magnetic latitudes higher than 50° (see fig. 53, where it is still visible on a record of Hartland);

e/ its intensity follows approximately the 11-year sunspot cycle.

4.2.1.2. - Regular variations in the interior of the auroral zone.

The identification of regular variations in the interior of the auroral zone is extremely difficult because of the nearly constant agitation which exists during the

la journée⁽¹⁾: les jours où il est possible de les identifier sont extrêmement rares.

Cependant la figure 65 donne un exemple d'une variation régulière, nettement distincte par sa forme de la variation $SD^{(2)}$, en une station de l'intérieur de la zone aurorale Sud; elle constitue le S_R en de telles stations en un jour d'été. L'amplitude totale de la variation sur H est de 250 gammas; sur D, où l'on a un pur maximum Ouest, elle est de 100 gammas. La figure 66 donne un exemple analogue pour une station de l'hémisphère Nord en un jour d'équinoxe⁽³⁾. Par rapport à l'exemple donné pour Wilkes, la variation sur H est inversée: un minimum suivi d'un maximum, au lieu d'un maximum suivi d'un minimum.

Dans l'un et l'autre cas, la forme de la variation régulière S_R observée sur H et D correspond à celle observée à une latitude proche de celle du foyer du système C_M dans le cas d'un modèle R, mais les effets sont échangés entre les deux composantes. Autrement dit, les effets observés à Wilkes ou à Godhavn correspondent à ceux d'un modèle R qui se déplacerait non pas perpendiculairement au méridien magnétique, mais parallèlement. D'autre part, la variation observée sur Z à Godhavn est de forme semblable à celle que causerait un modèle R à la latitude du foyer du système C_M ; son sens est tel qu'il correspond à l'effet d'un système de courants de sens inverse à celui des aiguilles d'une montre.

4.2.1.3. - Le système C_P .

La réunion des faits décrits pour l'extérieur et l'intérieur de la zone aurorale conduit à postuler l'existence d'un système de courants propre aux régions polaires, le système C_P . D'une part l'effet positif sur H, observé simultanément sur toutes les longitudes à l'extérieur de la zone aurorale, correspond à l'existence d'un système de courants unique. D'autre part, l'existence, à l'intérieur de la zone aurorale, d'une variation régulière S_R très intense⁽⁴⁾, susceptible d'être interprétée par un système de courants unique dont le sens est le même que le sens des courants qui circulent à l'extérieur de la zone aurorale, permet de supposer que le phénomène observé à l'extérieur de la zone aurorale est causé par une expansion, vers les latitudes inférieures, du phénomène de l'intérieur de la zone aurorale aux heures où ce dernier devient plus intense.

L'intensité elle-même du phénomène observé écarte l'hypothèse d'une origine ondulatoire pour ces hautes latitudes; son existence à l'intérieur de la zone aurorale pendant la nuit polaire est une autre raison pour rejeter cette hypothèse.

(1) Rappelons que, à l'intérieur de la zone aurorale, l'activité a son amplitude la plus grande dans la journée, et non pas dans la nuit comme il en est sur la zone aurorale ou à l'extérieur: voir, par exemple, ((16)).

(2) Voir ((23)) pour la justification de cette distinction.

(3) Aux stations de l'intérieur de la zone aurorale, l'activité est souvent la plus grande sur Z; il en résulte que l'identification de variations régulières sur cette composante ne peut être faite que beaucoup plus rarement. Nous reviendrons ci-dessous sur cet enregistrement de la composante Z.

(4) L'amplitude totale du S_R de D à la latitude du foyer du système C_M dépasse rarement 100 gammas en période de maximum d'activité solaire. En une période analogue, on observe à l'intérieur de la zone aurorale sur le S_R de H (rappelons que les composantes sont échangées) une amplitude totale de 200 à 250 gammas.

day⁽¹⁾; consequently, the days where one can identify them are extremely rare.

However, figure 65 gives an example of a regular variation, clearly different from the SD variation⁽²⁾, at a station interior to the Southern auroral zone; it constitutes the S_R at such stations, on a summer day. The total amplitude of the variation in H is 250 gammas; in D, where a pure West maximum is observed, the amplitude is 100 gammas. Figure 66 gives an analogous example, for a Northern station, on an equinoctial day⁽³⁾. With respect to the example given for Wilkes, the variation is reversed in H: a minimum followed by a maximum, instead of a maximum followed by a minimum.

In both cases, the shape of the regular variation observed in H and D corresponds to that observed at a latitude close to the latitude of the C_M system focus in the case of an R model, but the effects are interchanged between the two components. In other words, the effects observed at Wilkes or at Godhavn correspond to those of an R model moving not perpendicularly to the magnetic meridian, but in a parallel direction. Moreover, the shape of the variation observed in Z at Godhavn is similar to the one which would produce an R model at the latitude of the C_M system focus; its sense is such that it corresponds to the effect of a current system whose sense is counter-clockwise.

4.2.1.3. - The C_P system.

The facts described for the exterior and the interior of the auroral zone, when they are brought together, lead one to invoke the existence of a current system peculiar to the polar regions, the C_P system. On the one hand, the positive effect in H, observed outside the auroral zone simultaneously at all longitudes, corresponds to the existence of a single current-system. On the other hand, the existence, in the interior of the auroral zone, of a very intense⁽⁴⁾ regular S_R variation (which may be ascribed to a single current system whose sense is the same as the sense of the currents flowing around and outside, the auroral zone) permits one to assume that the phenomenon observed at the exterior of the auroral zone is produced by an expansion, towards lower latitudes, of the phenomenon of the interior of the auroral zone, at times where the latter becomes more intense.

The very intensity of the observed phenomenon invalidates the hypothesis of a wave-radiation origin at these high latitudes; its existence, in the interior of the auroral zone, during the polar night, is another reason for dismissing this hypothesis.

-
- (1) Let us recall that, in the interior of the auroral zone, the amplitude of the activity is largest during the day, and not during the night as on the auroral zone or outside it; see, for instance, ((16)).
- (2) See, ((23)) for the proof of this distinction.
- (3) At the stations interior to the auroral zone, the activity is often largest in Z; consequently, the identification of regular variations in this component can much more rarely be made. We shall return later to this Z-record.
- (4) The total amplitude of the S_R of D at the latitude of the C_M -system focus seldom exceeds 100 gammas during the maximum of the sunspot cycle. In the same period, a total amplitude of 200 to 250 gammas is observed in the S_R of H in the interior of the auroral zone (recall that the components are interchanged).

Le fait qu'il devienne tellement intense lors du passage du Soleil sur les méridiens proches du pôle magnétique (provoquant alors une expansion de ses effets jusqu'à des latitudes assez basses) suggère qu'il dépend étroitement de la configuration du champ magnétique moyen. Ce moment est celui où les lignes de force du champ, par suite de leur orientation par rapport au Soleil, offrent une résistance particulièrement faible à la pénétration du vent solaire "calme" dont on sait qu'il existe en permanence. On peut donc penser que, dans ces régions de haute latitude, une radiation d'origine corpusculaire est capable de causer une variation transitoire du champ magnétique qui appartient, au sens strict, à la variation S_R selon la définition que nous en avons donnée: elle correspond à l'existence permanente de certains systèmes de courants.

L'écart important entre pôle géographique et pôle magnétique introduit une dissymétrie assez importante, en fonction de la longitude géographique, de l'effet moyen causé par le vent solaire. Ceci pourrait expliquer la forme de la variation S_R observée à l'intérieur de la zone aurorale, qui suggère un déplacement du système qui n'est pas Est-Ouest.

A la différence du système C_M , le système C_P présente une variation d'intensité importante au cours de chaque rotation de la Terre; et, à l'extérieur de la zone aurorale, cette variation d'intensité va d'une valeur nulle à une valeur maximum pour revenir à une valeur nulle. Mais à la différence des événements-SD, le phénomène se produit chaque jour autour de la même heure T. U.; à ce point de vue, il correspond donc bien à un phénomène dont l'occurrence est strictement régulière au sens temporel (cf. ch. 1, p. 39).

Sans doute, la variabilité jour-à-jour des effets de ce système C_P est très grande. Ceci peut être causé par le fait que les conditions d'établissement du système de courants à l'intérieur de la zone aurorale sont susceptibles d'être plus ou moins perturbées lorsque l'activité croît, ou encore par le fait que la vitesse du vent solaire "calme" est relativement variable. Cette variabilité cependant ne détruit pas l'occurrence régulière, chaque jour, des effets du système C_P .

4.2.2. - Effets du système C_P aux latitudes sub-aurorales et aurorales.

Il résulte de l'existence du système C_P qu'une part non négligeable de la variation S_R des latitudes sub-aurorales et aurorales est en dépendance des effets de ce système. La variabilité jour-à-jour du S_R , particulièrement aux longitudes où ceux-ci apparaissent dans la journée, est en grande partie causée par eux.

Nous donnerons un exemple de la variabilité de forme causée par l'effet positif sur H à partir d'une station où il apparaît à une heure où l'influence du système C_M est devenue faible. Ainsi, la figure 67 donne la reproduction de trois enregistrements de Lerwick, station de l'hémisphère Nord où 19h T. U. correspond à 19h T. L. et dont la latitude magnétique E. R. C. est de 59° . L'effet positif sur H culmine vers 19h30 sur le premier enregistrement, vers 18h sur le second et vers 22h sur le troisième. Il est particulièrement court en durée et grand en amplitude sur le second. La comparaison des enregistrements montre bien comment, selon les durée, phase et amplitude de l'effet positif du système C_P , le minimum principal

The fact that it becomes so intense when it crosses the meridians close to the magnetic pole and then brings about an expansion of its effects down to such low latitudes suggests that it closely depends on the configuration of the main field. This occurs at the time when the lines of force of the field, because of their orientation in relation to the Sun, offer a particularly weak resistance to the penetration of the "quiet" solar wind; one knows that the latter permanently exists. Therefore one can think that, in these regions of high latitude, a corpuscular radiation is capable of bringing about a transient variation of the magnetic field, which belongs, in a strict sense, to the S_R variation according to the definition given for it: it corresponds to the permanent existence of certain current systems.

The large distance between the geographic pole and the magnetic pole introduces a rather important asymmetry, with longitude, of the mean effect produced by the solar wind. This could explain the shape of the S_R variation observed in the interior of the auroral zone, which suggests a movement of the system which is not East-West.

In contrast to the C_M system, the C_P system presents a significant variation in intensity during each rotation of the Earth; and, at the exterior of the auroral zone, this variation in intensity goes from zero to a maximum and back to zero. But, in contrast to the SD-events, the phenomenon occurs each day about the same U. T. hour; from this point of view, it therefore well corresponds closely to a phenomenon whose occurrence is regular in the temporal sense (cf. chap. 1, p.39).

Of course, the day-to-day variability of the effects of the C_P system is very large. But this could be due to the conditions under which the current system is set up in the interior of the auroral zone; indeed these conditions can be more or less disturbed when the activity is increasing. This variability could be due also to the relatively unsteady speed of the quiet solar wind. However, it does not cancel the regular occurrence, each day, of the effects of the C_P system.

4.2.2. - Effects of the C_P system at subauroral and auroral latitudes.

Because of the existence of the C_P system, a significant part of the S_R variation, at sub-auroral and auroral latitudes, depends on the effects of this system; and the day-to-day variability of S_R is, in the main, caused by them, especially at longitudes where these effects occur during the day-time.

However we shall give an example of the variability in shape produced by the positive effect in H for a station where it occurs at a time such that the influence of the C_M system has become small. Thus, figure 67 gives the reproduction of three records of Lerwick, a Northern station where 19h U. T. corresponds to 19h L. T. and whose E. R. C. magnetic latitude is 59° . The positive effect in H culminates about 19h30 on the first record, about 18h on the second and about 22h on the third. Its duration is especially short and its amplitude large on the second one. A comparison of the records shows well how, according to the duration, phase, or amplitude of the positive effect of the C_P system, the main minimum brought about by the influence of the C_M system

causé par l'influence du système C_M peut être déformé de manière extrêmement diverse.

La variabilité jour-à-jour du S_R de H aux stations de ces latitudes, spécialement en été, peut donc être considérée comme étant la résultante de deux effets qui s'opposent: d'une part un effet principalement négatif causé par le système C_M et centré approximativement sur le midi local, d'autre part l'effet positif causé par le système C_P et centré approximativement sur 19h T. U. ou 4h T. U. selon l'hémisphère. La variabilité apparaît évidemment moins grande aux longitudes où l'effet positif apparaît plutôt dans la nuit; sur les autres longitudes, c'est par le jeu de l'opposition des effets du système C_P et du système C_M que les formes très diverses observées sur le S_R de H peuvent être comprises. Il serait possible aux observateurs qui disposent des Annuaire de Fredericksburg d'examiner la variabilité des formes du S_R de H en cette station, où l'effet positif du système C_P culmine en moyenne autour de 15h T. L.

Nous avons donné au § 4.2.1.1. une latitude magnétique E. R. C. de 45^0 comme limite moyenne des effets du système C_P , mais nous avons noté que, sur les longitudes du méridien du pôle magnétique, son influence pouvait se faire sentir à des latitudes inférieures. La figure 68 donne un enregistrement de H à Fredericksburg et les enregistrements simultanés de Tucson et de San Juan. L'effet positif du système C_P est particulièrement fort en ce jour à Fr autour de 20-21h T. U. Le S_R de H à Tu est du type F_h ; cette forme n'apparaît absolument pas à SJ, où, autour du midi local, on a plutôt un effet négatif par rapport au niveau de nuit; cette station est cependant de latitude plus basse (14^0) que Tu. Or la différence de longitude entre Fr et Tu est telle que l'effet positif observé à Tu autour du midi local est synchrone en temps universel avec l'effet positif observé à Fr; et une faible trace de cet effet apparaît peut-être encore à SJ autour de 16h T. L. Ceci représente donc un exemple de l'influence du système C_P en des stations situées sur des méridiens proches du pôle magnétique et de latitude relativement basse.

Autant que nous avons pu en juger, le système C_P n'a d'effets sur la composante D que dans l'hémisphère Nord⁽¹⁾. Il cause un effet Est à l'Est du méridien du pôle magnétique et un effet Ouest à l'Ouest de ce méridien.

La figure 69 donne des exemples de la variabilité de cet effet (vers l'Est) à Tromsø, station de latitude aurorale. Les reproductions sont centrées sur les heures de nuit; les traits horizontaux tracés au travers des enregistrements représentent le niveau-zéro⁽²⁾. D'une part, on peut voir que le maximum principal Est de la matinée (à droite) commence extrêmement tôt, et que son début est difficile à discerner de la fin du maximum principal Ouest du jour précédent. Mais celui-ci apparaît beaucoup plus variable en forme: il est déformé, de manière extrêmement diverse, par un effet Est centré autour de 17-18h T. L. (soit 18-19h T. U.). Il se passe ici un phénomène tout à fait analogue à celui que nous avons noté à propos de la figure 67; la

(1) Voir page 82 - 83 .

(2) Il résulte d'une interpolation faite à partir des enregistrements des hivers adjacents.

can be deformed in extremely diverse ways.

The day-to-day variability of S_R at stations in these latitudes, can therefore be considered as being the resultant of two opposite effects: on the one hand, a mainly negative effect, brought about by the C_M system and centred approximately on local noon, on the other hand the positive effect brought about by the C_P system and centred approximately on 19h U. T. or 4h U. T. according to the hemisphere. Evidently, the variability appears less large at longitudes where the positive effect occurs during the night; at other longitudes it is through the combination of the effects of the C_P system and of the C_M system that the very diverse shapes observed in the S_R of H can be understood. Observers who have at their disposal the Year-Books of Fredericksburg could look at the variability of the S_R shapes of H at this station, where the positive effect of the C_P system culminates about 15h L. T.

We gave, in § 4.2.1.1., an E. R. C. magnetic latitude of 45° as a mean limit of the C_P system effects; but we noted that at longitudes close to the magnetic pole meridian, its influence could be felt down to lower latitudes. Figure 68 gives an H-record of Fredericksburg and the simultaneous records of Tucson and San Juan. The C_P system effect is particularly strong at Fr on this day, about 20-21h U. T. The S_R of H at Tu is of the F_h type; this shape does not appear at all at SJ, where, about local noon, a general negative effect with respect to the night level is observed; however this station is 14° South of Tucson. Now, the difference in longitude between Fr and Tu is such that the positive effect observed at Tu about local noon is synchronous in universal time with the positive effect observed at Fr, and a weak trace of this effect perhaps still appears at SJ about 16h L. T. This represents therefore an example of the influence of the C_P system at stations located on meridians close to the magnetic pole and whose latitudes are relatively low.

As far as we have been able to judge, the C_P system has effects in the D component in the Northern hemisphere only⁽¹⁾. It produces an East effect on the East side of the meridian of the magnetic pole and a West effect on the West side.

Figure 69 gives example of the variability of this East effect at Tromsø, a station of auroral latitude. The reproduction are centred on the night hours; the horizontal lines drawn through the records represent the zero-level⁽²⁾. On the one hand, the main East maximum of the morning (on the right) begins extremely early, and its beginning is difficult to discern from the tail of the main West maximum of the preceding day. On the other hand, the latter appears much more diverse in form: it is deformed by an East effect centred about 17-18h L. T. (i. e. 18-19h U. T.) in an extremely varied manner. We have here a phenomenon quite similar to that which we noted in relation to figure 67; the variability of the S_R of D about these hours is the resultant

(1) See p. 83 .

(2) It results from an interpolation made from records of the neighbouring winters.

variabilité du S_R de D autour de ces heures est la résultante de deux effets qui s'opposent: d'une part un effet Ouest dû au système C_M , d'autre part un effet Est dû au système C_P . La variabilité du S_R de D en cette station peut donc être comprise par le jeu de l'opposition entre les effets des deux systèmes.

La figure 70 donne un exemple du synchronisme en temps universel de cet effet du système C_P sur D entre Lerwick et Nurmijarvi. Tandis que le maximum Est du matin du 29/7 est approximativement synchrone en temps local aux deux stations, le maximum secondaire Est de l'après-midi du 28/7 (autour de 17-18h) est synchrone en temps universel. Il est plus fort à Nu qu'à Le, Nu étant plus à l'Est du méridien du pôle magnétique que ne l'est Le; inversement, l'effet positif sur H est plus fort à Le qu'à Nu.

La figure 71 donne un exemple analogue pour des stations situées à l'Ouest du méridien du pôle magnétique, où l'effet causé sur D par le système C_P est vers l'Ouest. Le niveau-zéro de l'enregistrement de College correspond à celui de la courbe entre 7h et 10h T. U. Par rapport à ce niveau-zéro, on a très clairement un faible effet Ouest autour de 12-13h T. U., avant le maximum Est principal causé par le système C_M . Un tel effet Ouest dans la matinée ne peut en une station comme Co être causé à cette saison par une invasion du système de l'hémisphère Sud. Il culmine apparemment à 12-13h T. U. (ce qui est donc très en avance sur l'heure moyenne des effets du système C_P : 19h T. U.) mais l'effet Est causé par le système C_M masque certainement une partie de l'effet Ouest causé par le système C_P . Ainsi, la durée de cet effet Ouest est plus longue à Wellen, station située plus à l'Ouest. On le retrouve autour de 14-15h T. U. à Srednikan et Yakutsk. Les courbes Sq de H de la figure 63 montraient d'ailleurs que, sur ces longitudes de l'hémisphère Nord, l'effet positif dû au système C_P tend à se produire plus tôt en temps universel.

Le tableau XIX résume les principaux traits à retenir de cette description des effets du système C_P sur la zone aurorale ou à l'extérieur. Les valeurs données pour l'extension en latitude de ces effets sont évidemment une moyenne: ils s'étendent d'autant plus, un jour donné, que l'intensité du système C_P à l'intérieur de la zone aurorale est plus grande. Ainsi la variabilité jour-à-jour de l'occurrence de ces effets devient de plus en plus grande quand on descend en latitude.

of two effects which are opposed: on the one hand, a West effect due to the C_M system, on the other hand, an East effect due to the C_P system. The variability of the S_R of D at this station can thus be understood as a combination of the effects of the two systems.

Figure 70 gives an example of the synchronism, in universal time, of this effect of the C_P system in D between Lerwick and Nurmijarvi. Whereas the East maximum, on the morning of the 29th July, is approximately synchronous in local time at the two stations, the secondary East maximum on the afternoon of the 28th July (about 17-18h) is synchronous in universal time. It is stronger at Nu than at Le (Nu being further East in relation to the meridian of the magnetic pole than Le); conversely, the positive effect in H is stronger at Le than at Nu.

Figure 71 gives an analogous example for some stations located to the West of the meridian of the magnetic pole, where the effect produced in D by the C_P system is westwards. The zero-level of the College record corresponds to that of the curve between 7h and 10h U. T. In relation to this zero-level, a small West effect (about 12-13h U. T.) is distinctly observed, before the main East maximum produced by the C_M system. Such a West effect in the morning cannot be brought about at a station such as College, by an invasion of the Southern system in this season. It culminates apparently at 12-13h U. T. (this time is very early in relation to the mean hour of the effects of the C_P system: 19h U. T.), but the East effect produced by the C_M system certainly masks part of this West effect of the C_P system. Thus, the duration of this West effect is longer at Wellen, a station located farther West. It is found again, about 14-15h U. T., at Srednikan and Yakutsk. The Sq curves of H in figure 63 showed that, at these longitudes of the Northern hemisphere, the positive effect due to the C_P system tends to occur earlier in universal time.

Table XIX summarizes the chief features to remember about this description of the C_P system effects on the auroral zone at the exterior of it. The values proposed for the extent in latitude of these effects are obviously a mean; they spread further, on a given day, when the intensity of the system in the interior of the auroral zone increases. Thus the day-to-day variability of the occurrence of its effects become larger and larger when one goes towards lower latitudes.

T A B L E A U XIX

Effets du système C_P (1)

	<u>hémisphère Nord</u>	<u>hémisphère Sud</u>
	<u>sur le S_R de H</u>	
<u>sens</u>	positif	positif
<u>durée</u> <u>moyenne</u>	6 à 10h	6 à 10h
<u>heure</u> <u>d'occurrence</u>	autour de 19h T. U. (2)	autour de 4h T. U.
<u>variation</u> <u>saisonnaire</u>	plus grand en été faible en hiver	plus grand en été (3)
<u>intensité</u> <u>en fonction</u> <u>de la longitude</u>	faible autour des longitudes 90°E, fort autour des longitudes 270°E	important à toute longitude
<u>extension</u> <u>en latitude</u>	jusque vers 30° autour du 270°E, jusque vers 50° autour du 90°E	jusque vers 40°-45°
	<u>sur le S_R de D</u> (4)	
<u>sens</u>	vers l'Est autour des longitudes 0°-30°E, vers l'Ouest autour des longitudes 180°-210°E	
<u>durée</u> (5)	peut-être plus courte que sur H	
<u>heure</u> <u>d'occurrence</u>	19h T. U. autour des longitudes 0°-30°E, 14-15h T. U. autour des longitudes 180°-210°E	

F
N
E
A
N

- (1) les longitudes données sont les longitudes géographiques, et les latitudes sont les latitudes magnétiques E. R. C.
- (2) elle est sans doute plus tôt sur les méridiens 180°-210°E de cet hémisphère.
- (3) l'effet sur H ne semble pas apparaître en hiver aux latitudes 50°.
- (4) nous mentionnons seulement les différences qui existent par rapport à la composante H.
- (5) l'occurrence de l'effet sur D est moins régulière que sur H.

T A B L E X I X

Effects of the C_P system (1)

	<u>Northern hemisphere</u>	<u>Southern hemisphere</u>
	<u>in the S_R of H</u>	
<u>sense</u>	positive	positive
<u>mean duration</u>	6 to 10h	6 to 10h
<u>time of occurrence</u>	about 19h U. T. (2)	about 4h U. T.
<u>seasonal variation</u>	larger in summer small in winter	larger in summer (3)
<u>intensity as a function of longitude</u>	small around longitudes 90° E, strong around longitudes 270° E down to 30° around 270° E, down to 50° around 90° E	large at all longitudes down to $40-45^\circ$ at all longitudes
<u>extent in latitude</u>		
	<u>in the S_R of D (4)</u>	
<u>sense</u>	eastwards around longitudes $0^\circ - 30^\circ$ E, westwards around longitudes $180^\circ - 210^\circ$ E	
<u>duration (5)</u>	perhaps shorter than in H	↓ ↓ ↓
<u>time of occurrence</u>	19h U. T. around longitudes $0^\circ - 30^\circ$ E, 14-15h U. T. around longitudes $180^\circ - 210^\circ$ E	

- (1) the longitudes given are the geographical longitudes, and the latitudes are the E. R. C. magnetic latitudes.
- (2) it is probably earlier around longitudes $180^\circ - 210^\circ$ E in this hemisphere.
- (3) the effect in H does not seem to appear in winter at latitude 50° .
- (4) we mention only the differences which exist in relation to the H-component.
- (5) the occurrence of the effect in D is less regular than in H.

4.2.3 - Effets du système C_p à l'intérieur de la zone aurorale.

A cause de l'activité propre à l'intérieur de la zone aurorale, les jours où le S_R peut être identifié avec une relative certitude sont extrêmement rares. Sans doute, en hiver, l'agitation est plus faible, mais le S_R a alors une amplitude beaucoup moins grande (voir l'exemple que nous en donnerons pour Godhavn), et la faible sensibilité des enregistrements rend son identification difficile. En été, il est le plus souvent masqué par l'agitation, ou négligeable devant celle-ci. Peut-être pourrait-on estimer à 5 ou 6 jours seulement le nombre de jours des mois d'été où il peut être vu dans sa totalité. Du point de vue de la mesure des indices K, toute identification du S_R est le plus souvent inutile.

La figure 72 donne une reproduction de trois enregistrements de H à Godhavn; un trait horizontal tracé au travers des enregistrements représente le niveau-zéro. Sur les deux premiers, la variation S_R que nous avons décrite au § 4.2.1.2. apparaît clairement. Son amplitude totale est de 50 gammas le 8/11/60 et de 200 gammas le 21/5/1958. Le troisième enregistrement présente également une variation de forme régulière; elle diffère cependant de celle des deux autres jours parce qu'elle est constituée d'une onde de 24h⁽¹⁾. Elle correspond à la forme de la variation statistique SD; cette variation SD représente à peu près certainement un phénomène distinct de la variation SD de la zone aurorale ou de l'extérieur de la zone aurorale parce qu'elle constitue véritablement une onde de 24h.

Le point essentiel pour les observateurs de l'intérieur de la zone aurorale (en gros, latitudes magnétiques E. R. C. supérieures à 72°) est le suivant: ne pas confondre cette variation d'allure régulière avec le S_R . Il peut, à ce point de vue, être utile pour eux de disposer de courbes statistiques. La figure 73 donne de telles courbes pour une série de onze années de Godhavn⁽²⁾: Sq (jours calmes), Sa (tous les jours), Sd (jours perturbés). La contamination des courbes Sq par le SD apparaît clairement; cependant, la comparaison de chaque type de courbes à chaque saison permet de retrouver sur les courbes Sq une variation analogue à la variation observée en certains jours calmes; en particulier, le maximum de la variation S_R (vers 12-14h T. L.) n'est pas masqué sur la courbe Sq bien que ce soit le moment du minimum de la courbe Sd.

Dans la mesure où une identification du S_R est encore utile à ces latitudes, elle pourrait être tentée à partir des éléments suivants:

- 1/ sur H, la variation S_R est analogue à celle causée sur D en une station située à la latitude du foyer du système C_M .
- 2/ sur D, elle est analogue à celle causée sur H en une station proche de la latitude du foyer.

Le S_R de H, le plus grand en amplitude, a donc une forme simple

(1) La variation S_R diffère de la variation SD par l'existence d'un niveau constant dans la nuit, qui correspond au niveau-zéro observé en hiver, et qui montre que toute variation est absente à ces heures.

(2) À ces latitudes, encore plus qu'à d'autres, une série d'années assez longue est nécessaire pour obtenir des courbes significatives.

4.2.3 - Effects of the C_P system in the interior of the auroral zone.

Because of the activity peculiar to the interior of the auroral zone, the days when S_R can be identified with relative certainty are extremely few. Of course, in winter, the agitation is weaker but the S_R amplitude is much smaller at this time (see the example which we shall give for Godhavn), and the low sensitivity of the records makes its identification difficult. In summer, S_R is most often masked by agitation, or is negligible in relation to it. One could estimate that the number of summer days when S_R can be seen as a whole is hardly more than about five. From the point of view of the measurement of K indices any S_R identification is usually futile.

Figure 72 gives a reproduction of three H-records at Godhavn; a horizontal line drawn through the records represents the zero-level. On the first two, the S_R variation described in paragraph 4.2.1.2. shows up distinctly. Its total amplitude is 50 gammas on 8/11/1960 and 200 gammas on 21/5/1958. The third record also represents a variation of a regular shape; however it differs from that of the two other days because it is made up of a 24 hour wave⁽¹⁾. It corresponds to the shape of the statistical SD variation; the latter represents almost certainly a phenomenon distinct from the SD variation of the auroral zone or of the exterior of it because it truly constitutes a 24 hour wave.

The main point for observers of the interior of the auroral zone (roughly, E. R. C. magnetic latitudes higher than 72°) is the following: not to confuse this variation of regular aspect with the S_R . From this point of view, it can be useful for observers to have statistical curves at their disposal. Figure 73 gives such curves averaged over eleven years at Godhavn⁽²⁾: Sq (quiet days), Sa (all days), Sd (disturbed days). The contamination of the Sq curves by SD appears distinctly; however the comparison of each type of curve at each season allows one to detect on the Sq curves a variation analogous to the variation observed on certain quiet days; in particular, the maximum of the S_R variation (about 12-14h L. T.) is not masked on the Sq curve although it is the time of the minimum of the Sd curve.

To the extent that an S_R identification is still useful at these latitudes, it could be attempted from the following elements:

- 1/ in H, the S_R variation is analogous to that produced in D at a station located at the latitude of the C_M system focus,
- 2/ in D, it is analogous to that produced in H at a station close to the latitude of the focus.

The S_R of H, the larger in amplitude, has therefore a simple shape

-
- (1) The S_R variation differs from the SD variation by the existence of a constant level at night, which corresponds to the zero-level observed in winter and which shows that no variation is present at these hours.
 - (2) In order to obtain significant curves, a rather long series of years is much more necessary at these latitudes than at others.

(min-max dans l'hémisphère Nord, max-min dans l'hémisphère Sud⁽¹⁾). Le S_R de D peut avoir des formes plus ou moins complexes telles que celles observées sur les S_R de H de la latitude du foyer du système C_M ; l'identification de leurs mouvements secondaires n'est que de peu d'intérêt pour la mesure des indices K.

4.3 - CRITERES D'UNE IDENTIFICATION DU S_R .

Dans une comparaison d'enregistrements d'observatoires de longitude et de latitude différentes, trois critères peuvent être utilisés pour identifier la variation S_R .

1/ Critère "temps local, temps universel".

- "Une variation qui apparaît synchrones en temps universel peut être identifiée comme n'appartenant pas au S_R ". L'effet positif causé sur H (ou l'effet analogue causé sur D) par le système C_P fait cependant exception; il pourra ordinairement être reconnu comme tel, à une longitude donnée, parce qu'il n'apparaît qu'autour de certaines heures.

- "Une variation qui apparaît synchrones en temps local peut être identifiée comme appartenant au S_R ". Le synchronisme en "temps local" n'est pas toujours vérifié, sur H, aux latitudes proches du foyer, ou, sur D, aux basses latitudes, par suite des déformations du système C_M au cours de la rotation de la Terre. Cependant, étant donné que le synchronisme en "temps universel" des variations n'appartenant pas au S_R est assez strict, on peut dire qu'une variation qui, dans une bande de longitude de 3 ou 4 heures, n'est synchrones ni en temps local ni en temps universel appartient au S_R .

2/ Critère "nocturne".

"Une variation qui apparaît dans la nuit locale peut en général être identifiée comme n'appartenant pas au S_R ". Ce critère est surtout utile pour identifier des variations négatives d'allure régulière sur H aux moyennes et basses latitudes. Il est évident qu'aux longitudes où le système C_P peut causer des effets dans la nuit, ou aux latitudes où le système C_M s'étend dans la nuit locale (invasion dans la matinée, extension en longitude), certaines variations nocturnes appartenant au S_R peuvent exister dans la nuit.

3/ Critère de "latitude".

"Aux latitudes moyennes, une variation de H dont l'amplitude varie régulièrement avec la latitude peut en général être identifiée comme appartenant au S_R ". Ce critère résulte de la répartition à peu près symétrique des lignes de courants du système C_M de part et d'autre du foyer, qui contraste avec la répartition des lignes de courants du système SD.

Ces trois critères, utilisés conjointement (par exemple, synchronisme en temps universel d'une variation et existence de cette variation dans la nuit locale sur certaines longitudes), permettent en général de juger aisément de la contamination possible du S_R , en un lieu donné, par des variations d'allure

(1) Les effets du système C_P sont comparables d'un observatoire à l'autre sur H et D, et non pas sur X et Y.

(min-max in the Northern hemisphere, max-min in the Southern hemisphere⁽¹⁾). The S_R of D can present more or less complex shapes such as those observed in the S_R of H at the latitude of the C_M system focus; the identification of their secondary movements is of little interest for the measurement of K indices.

4.3 - CRITERIA FOR THE IDENTIFICATION OF S_R .

When comparing records of observatories of different longitude and latitude, three criteria can be used for identifying the S_R variation.

1/ Criterion "local time, universal time".

- "A variation which appears synchronous in universal time can be identified as not belonging to S_R ". The positive effect produced in H (or the analogous effect produced in D) by the C_P system however is an exception; usually, at a given longitude, recognition of it as such will be possible since it occurs only about certain hours.

- "A variation which appears synchronous in local time can be identified as belonging to S_R ". The synchronism in "local time" is not always found in H at latitudes close to the focus or in D at low latitudes, because of the deformations of the C_M system during the rotation of the Earth. However, because the synchronism in "universal time" of the variations which do not belong to S_R is quite consistent, one can say that a variation which, in a longitude band of 3 to 4 hours, is synchronous neither in local time nor in universal time belongs to S_R .

2/ "Nocturnal" criterion.

"A variation which occurs during the local night can usually be identified as not belonging to S_R ". This criterion is especially useful for identifying smooth negative variations in H at middle and low latitudes. Evidently, at longitudes where the C_P system may produce effects during the night or at latitudes where the C_M system spreads into the local night (invasion, extension in longitude), certain nocturnal variations occurring in the night may belong to S_R .

3/ "Latitude" criterion.

"At middle latitudes, an H-variation whose amplitude varies regularly with latitude can usually be identified as belonging to S_R ". This criterion is based on the nearly symmetrical distribution of the current lines of the C_M system on either side of the focus, in contrast with the distribution of the current lines of the SD system.

These three criteria, when used jointly (for instance, synchronism in universal time of a variation and occurrence of this variation during the local night at certain longitudes), usually permit an easy appreciation of the possible contamination of S_R , at a given place, by smooth variations produced by other phenomena.

(1) The effects of the C_P system are comparable in H and D, and not in X and Y from one observatory to another.

régulière causées par d'autres phénomènes.

4. 4. - CONCLUSION.

Cette description globale de la variation S_R aura montré la complexité de sa variabilité jour-à-jour.

Cependant, si d'une part on a conscience de la plasticité des modèles R , T et F du système C_M et du phénomène de l'invasion d'un système C_M donné dans l'autre hémisphère aussi bien que de l'interaction qui existe entre les deux systèmes C_M dans leur région frontière, si d'autre part on a compris le jeu de l'opposition entre les effets du système C_M et ceux du système C_P aux latitudes supérieures à la latitude du foyer du système C_M , on dispose d'éléments qui permettent de saisir les principales raisons de la variabilité jour-à-jour du S_R .

Sans doute, une remarque analogue à celle que nous avons faite à la fin du chapitre 3 est nécessaire. Il ne faudrait pas que les observateurs soient étonnés s'ils ne retrouvaient pas toujours sur leurs enregistrements les formes que nous avons décrites (spécialement pour le système C_M). Bien souvent, tandis que nous analysons de longues et nombreuses séries d'enregistrements pour préparer cette description, nous avons éprouvé cette impression d'être devant un phénomène impossible à saisir.

Nous croyons cependant que, compte tenu des règles qui ont été énoncées au chapitre 3, la tâche des observateurs sera rendue plus aisée par cette description. Nous ne saurions trop insister évidemment sur la souplesse avec laquelle elle doit être utilisée; il serait vain de vouloir classer morphologiquement chaque courbe à l'aide des formes que nous avons décrites.

Finalement, il semble utile de reprendre ici sous une forme légèrement modifiée le conseil donné par J. Bartels ((2, p. 215-216)), concernant l'établissement par chaque observatoire d'une collection de magnétogrammes (ou plutôt de leur photocopies) typiques pour les variations S_R qu'ils présentent. Un début de collection pourrait être établi en choisissant dans les dernières années d'enregistrements quelques jours parmi ceux dont le A_p est égal ou inférieur à 5 par exemple⁽¹⁾ et dont les formes diffèrent. Nous pensons que c'est un tel classement par "forme" plutôt que par "saison" qui est peut-être le plus significatif et nous espérons que notre description n'est pas trop éloignée de la réalité pour que les différentes formes observées puissent être classées à l'aide de celle-ci. Cette collection pourra être complétée et enrichie au jour le jour en y adjoignant de nouveaux exemples.

De plus, lorsqu'une forme de S_R semble particulièrement aberrante et que cependant l'aspect de la courbe est morphologiquement très calme, il peut être intéressant de l'intégrer dans la collection. Il serait ainsi possible de comparer entre elles ces différentes formes et d'apprécier, peu à peu, si elles correspondent ou non au S_R .

L'existence d'une telle collection peut, en particulier, être extrêmement précieuse lorsqu'un nouvel observateur prend en charge la mesure des indices.

(1) Cette limite serait d'environ 2 à 3 pour les hautes latitudes.

4.4. - CONCLUSION

This global description of the S_R variation will have shown the complexity of its day-to-day variability.

However, if on the one hand, the observer bears in mind the flexibility of models R, T and F of the C_M system and the phenomenon of the invasion of a given C_M system into the other hemisphere, as well as the interaction which exists between the two C_M systems in their boundary region and if, on the other hand, he has understood the combination of the effects of the C_M system and those of the C_P system at latitudes higher than that of the C_M system focus, he has at his disposal elements which enable him to grasp the chief reasons for the day-to-day variability of S_R .

Of course, a remark analogous to that which has been made at the end of chapter 3 is necessary. Observers should not be astonished if they do not always discern on their records the shapes we have described (especially for the C_M system). Quite often, when the author was analysing large masses of records for preparing this description, he had the impression of dealing with a phenomenon impossible to grasp.

However he believes that the work of observers will be made easier by this description, taken together with the rules stated in chapter 3. Obviously such a description must be used with a very great flexibility; it would be futile to wish to classify morphologically each curve with the aid of the shapes described.

Finally, an advice given by J. Bartels ((2, p. 215-216)) can be usefully taken again here in a slightly modified form; it concerns the setting up, by each observatory, of a collection of magnetograms (or of their photocopies) typical for the S_R variations which they present. A beginning of this collection could be set up by choosing from the past years of records some days among those whose A_p is equal to or lower than 5 for instance⁽¹⁾, and whose shapes are different. We think that it is such a classification according to the "shape" rather than according to the "season", which perhaps is the most significant and we hope that our description is not too far from reality and that the different shapes observed can be classified with the aid of it. This collection can be improved and enriched day by day by including new examples in it.

Moreover, when an S_R shape seems particularly abnormal although the aspect of the curve is morphologically very quiet, it may be interesting to include it in the collection. Thus, it would be possible to compare these different shapes with each other and to succeed little by little in estimating whether they belong to S_R or not.

The existence of such a collection can, in particular, be very helpful when a new observer takes over the measurement of the indices.

(1) This limit would be about 2 to 3 for high latitudes.

CHAPITRE 5

CARACTERES PARTICULIERS DE LA VARIATION S_R EN DIVERSES REGIONS DE LA TERRE

Le chapitre précédent a donné une description planétaire des conditions de la variabilité jour-à-jour de la variation S_R . Nous essayerons dans ce chapitre de préciser quels sont, pour chaque région de la Terre, les éléments qui sont les plus importants.

Les limites de cette nouvelle description sont évidentes. Nous ne pouvons prétendre en effet que l'expérience acquise en chaque observatoire dont nous avons étudié des enregistrements est exhaustive. Bien plus, c'est au cours de cette analyse que, peu à peu, nous avons établi la description planétaire précédente; et, lorsque nous avons eu la possibilité d'étudier une deuxième ou une troisième fois les enregistrements de certains observatoires, nous avons constaté que certains traits avaient au premier abord échappé à notre attention, mais devenaient apparents lors d'un nouvel examen.

La description que nous donnerons dans ce chapitre doit donc être regardée comme un point de départ par les observateurs de chaque région.

Nous considérerons successivement quatre zones:

- 1/ l'intérieur de la zone aurorale: en gros, les latitudes magnétiques E. R. C. supérieures à 72° - 75° (fig. 17 et 18),
- 2/ la zone aurorale elle-même: en gros, les latitudes magnétiques E. R. C. comprises entre 72° et 58° ,
- 3/ l'extérieur de la zone aurorale: en gros, les latitudes magnétiques E. R. C. inférieures à 58° ,
- 4/ la zone soumise à l'influence de l'électrojet équatorial: on sait que celle-ci suit de très près l'équateur magnétique (fig. 29); sa largeur qui varie un peu avec la longitude, est d'environ 10° de latitude au point de vue d'un effet important sur la composante H.

5. 1. - L'INTERIEUR DE LA ZONE AURORALE.

L'identification du S_R à l'intérieur de la zone aurorale repose en grande partie sur la connaissance du niveau-zéro. Celui-ci peut être déterminé en hiver par l'identification d'un niveau constant sur l'une ou l'autre des composantes horizontales pendant les heures de nuit de jours très calmes. A supposer que les lignes de base soient suffisamment stables et que la sensibilité des enregistrements ne soit pas trop faible (15 à 20 gammas/mm, par exemple), on peut vérifier que le niveau constant observé est bien le niveau-zéro par le fait qu'il doit suivre la variation séculaire de mois en mois et d'année en année. En effet, l'effet de l'anneau équatorial étant négligeable sur les composantes horizontales à ces latitudes, le parallélisme de la variation de ce niveau et de la variation séculaire montre que le champ observé à ces moments est le champ magnétique terrestre en l'absence de toute variation transitoire.

CHAPTER 5

PARTICULAR FEATURES OF THE S_R VARIATION IN VARIOUS REGIONS OF THE EARTH

The preceding chapter has given a planetary description of the conditions of the day-to-day variability of the S_R variation. We shall try in this chapter to specify what are, in each region of the Earth, the elements which are the most important.

The limitations of this new description are evident. The author cannot claim that the information acquired in each observatory whose records he has studied was exhaustive. Moreover, it is in the course of this analysis that little by little he has established the preceding planetary description; and, when he had the opportunity of studying for a second or a third time the records of various observatories, he observed that some features had escaped his attention the first time, but became apparent upon re-examination.

The description given in this chapter must then be regarded by observers as a starting point.

Four zones will be considered in succession:

- 1/ the interior of the auroral zone: roughly, the E. R. C. magnetic latitudes higher than 72° - 75° (fig. 17 and 18),
- 2/ the auroral zone itself: roughly, the E. R. C. magnetic latitudes included between 72° and 58° ,
- 3/ the exterior of the auroral zone: roughly, the E. R. C. magnetic latitudes lower than 58° ,
- 4/ the zone subjected to the influence of the equatorial electrojet: one knows that the latter follows very closely the magnetic equator (fig. 29); its width in terms of a significant effect in H is about 10° in latitude, but varies a little with longitude.

5. 1. - THE INTERIOR OF THE AURORAL ZONE.

In the interior of the auroral zone, the S_R identification rests to a great extent on a knowledge of the zero-level. The latter can be determined in winter by the identification of a constant level on one or another of the horizontal components during the night hours of very quiet days. Supposing that the base-lines are sufficiently steady and that the sensitivity of the record is not too low (15 to 20 gammas/mm, for instance), one can check that the constant level observed is truly the zero-level if it follows the secular variation from month to month and from year to year. Indeed, since the effect of the equatorial ring current is negligible on the horizontal components at these latitudes, the parallelism of the variation of this level and of the secular variation proves that the observed field at these times is the terrestrial magnetic field in the absence of any transient variation.

La connaissance de ce niveau-zéro permet alors, en interpolant sa valeur pour des jours d'été ou d'équinoxe (c'est-à-dire en tenant compte de la variation séculaire), de discerner plus aisément entre SD et S_R dans ces régions. Nous avons souligné en effet, au § 4.2.3., que la principale différence entre ces deux variations était que la première constituait une onde de 24 heures tandis que l'autre était en général absente une partie de la nuit (voir, par exemple, la fig. 72).

Puisque l'identification du S_R à l'intérieur de la zone aurorale, en vue de la mesure des indices K, est très rarement utile, la règle 4 sera d'un usage constant avec les modifications suivantes: 1/ elle peut être prise au sens strict à partir d'un niveau d'agitation correspondant à $K \geq 3$; 2/ elle peut être prise au sens large pour les indices inférieurs.

En effet, les jours où le S_R peut être identifié dans sa totalité sont tellement rares que, même en période relativement calme, seuls quelques éléments pourront en être visualisés. Finalement, l'observateur doit toujours rester très prudent et éliminer aussi peu que possible de variations-non-K.

Un caractère particulier du S_R doit cependant être mentionné. Le système C_P devient beaucoup plus intense lorsqu'il traverse la région située, par rapport au pôle magnétique E. R. C., du côté opposé au pôle géographique. Il en résulte deux faits.

1/ La variation régulière S_R très intense décrite aux § 4.2.1.2. et 4.2.3. existe principalement dans cette dernière région (voir fig. 17 ou 18): par exemple à Godhavn (Go) et Baker Lake (BL), ou à Wilkes (Wk) et Dumont d'Urville (DU)⁽¹⁾.

2/ La variation S_R est certainement beaucoup plus faible dans la région située, par rapport au pôle magnétique E. R. C., du même côté que le pôle géographique; de plus, elle peut y avoir une durée de 24h. En effet, si notre description du système C_P est exacte, les stations de cette seconde région sont soumises à son influence non seulement lorsque ce système traverse les longitudes de ces stations mais aussi lorsqu'il traverse les longitudes opposées, puisque, à ce dernier moment, le système C_P recouvre une aire beaucoup plus grande et s'étend tout autour de la zone aurorale. Ce serait, par exemple, le cas de Thulé (Th), où le S_R semble être constitué sur H d'une onde de 24h, dont la phase est légèrement différente de celle du SD, et, sur D, d'une onde analogue. Dans l'hémisphère Sud, par contre, à South Pole, le S_R ne serait pas constitué d'une onde de 24h; sur H, on aurait sans doute un effet positif autour de 0-4h T. U., parfois un effet négatif plus faible vers 12h T. U., et le niveau zéro serait vers 15-18h T. U.

Finalement, l'identification du S_R dans la partie de l'intérieur de la zone aurorale qui est située du côté du pôle géographique nous semble être beaucoup plus difficile que dans l'autre partie. Le S_R y étant certainement plus faible, son identification a moins d'importance lors des mesures de l'indice-K.

(1) Cependant, cette dernière station est située très près du pôle magnétique de surface; l'interprétation des enregistrements en est rendue beaucoup plus difficile.

Then, knowledge of this zero-level (by interpolating its value for summer or equinoctial days, that is to say by taking into account the secular variation) permits an easier distinction between SD and S_R in these regions. Indeed, we have noted, in § 4.2.3., that the chief difference between these two variations is the following: the former is made up of a 24 hour wave while the latter is generally absent during part of the night (see, for instance, fig. 72).

Since the S_R identification, for the measurement of K indices, is very seldom of value in the interior of the auroral zone, rule 4 will be of constant use with the following modifications: 1/ it can be taken in a strict sense for agitation levels corresponding to $K \geq 3$; 2/ it can be taken in a wide sense for lower indices.

Indeed, days where S_R can be identified as a whole are so few that, even during a relatively quiet period, only some elements of it can be visualized. Finally, the observer must always be very cautious and eliminate as few as possible of the non-K- variations.

A peculiar feature of the S_R variation must however be mentioned. The C_P system becomes much more intense when it crosses the region located on the side opposite to the geographic pole in relation to the E. R. C. magnetic pole. Two facts result from this.

1/ The very intense regular S_R variation described in § 4.2.1.2. and 4.2.3. exists mainly in this region (see fig. 17 and 18): for instance, at Godhavn (Go) and Baker Lake (BL), or at Wilkes (Wk) and Dumont d'Urville (DU)⁽¹⁾.

2/ The S_R variation is certainly much weaker in the region located on the same side as the geographic pole in relation to the E. R. C. magnetic pole; moreover, its duration can be 24 hours there. Indeed, if the preceding description of the C_P system is exact, the stations of this second region are subjected to its influence not only when the system crosses the longitudes of these stations, but also when it crosses the opposite longitudes since, at this time, it covers a much larger area and spreads all around the auroral zone. Thus, at Thule (Th), the S_R seems to be made up, in H, of a 24 hour wave whose phase is slightly different from that of SD, and, in D, of an analogous wave. On the contrary, in the Southern hemisphere, at South Pole, the S_R would not be made up of a 24 hour wave; in H, a positive effect would probably exist about 0-4h U. T., and sometimes a smaller negative effect about 12h U. T.; the zero level would be about 15-18h U. T.

Finally, the S_R identification seems much more difficult in that part of the interior of the auroral zone located on the same side as the geographic pole than in the other part. And since the S_R is certainly smaller there, its identification is less important when measuring K indices.

(1) However, as this last station is located very near the surface magnetic pole, interpretation of the records is much more difficult.

5. 2. - LA ZONE AURORALE.

Cette seconde zone se distingue de la précédente par le fait que les effets du système C_P ne sont plus prédominants en général par rapport à ceux du système C_M ; elle se distingue de la zone suivante (l'extérieur de la zone aurorale) par le fait que le niveau d'activité au-dessus duquel toute identification du S_R devient inutile (ou même impossible) est très faible. Précisons à ce point de vue qu'une différence très nette existe entre des observatoires tels que Tromsø (Tr), College (Co), Halley Bay (HB), Macquarie Island (MI) et tels que Bear Island (B4), Point Barrow (PB), Mawson (Mw), Little America (LA) (voir fig. 17 et 18 pour la position relative de ces observatoires dans le système de coordonnées E. R. C.): tandis qu'aux premiers le S_R est en général identifiable en partie ou en totalité au-dessous de $Ap = 8$ à 10, il faut descendre jusque vers $Ap = 5$ aux seconds. Ces valeurs représentent un ordre de grandeur, étant donnée la grande variation d'amplitude du S_R de l'hiver à l'été (particulièrement marquée à celles de ces stations qui sont de latitude géographique plus élevée). Comme dans la zone précédente, la règle 4 sera d'un usage absolument constant (la prendre au sens strict pour $K \geq 3$, au sens large en dessous).

Les effets du système C_M dans cette zone sont assez simples: en principe, un pur minimum sur H, le type normal (Nord ou Sud) sur D; parfois, les effets d'un modèle T_h^m se feront sentir. Cependant, aux stations où méridien géographique et méridien magnétique font un angle important (ce qui est fréquent dans cette zone), l'effet "méridien magnétique" (cf. p. 74-75) introduira les déformations du S_R qui ont été décrites.

La principale raison de la variabilité jour-à-jour dans cette zone provient des effets du système C_P (voir Tableau XIX, p. 88). Par suite de la variation journalière de l'activité, extrêmement importante à ces latitudes, les effets du système C_P sur la composante H ne peuvent être identifiés qu'aux longitudes où ils se produisent autour du minimum de l'activité. Sur la composante D, l'agitation est plus faible⁽¹⁾; de ce fait, le S_R de D est en général plus aisément identifiable; et, dans l'hémisphère Nord, les effets du système C_P introduiront la variabilité du S_R de D décrite aux pages 86 et 87. Une détermination du niveau-zéro à partir d'enregistrements très calmes d'hiver (voir la méthode de cette détermination p. 92) peut être utile à l'observateur pour comprendre ses courbes. Rappelons cependant que les exemples types donnés dans la figure 69 sont relatifs à des jours très calmes ($Ap = 3$).

5. 3. - L'EXTERIEUR DE LA ZONE AURORALE.

Pour chaque zone de longitudes de l'un et l'autre hémisphère, les caractères particuliers de la variation S_R seront décrits sous trois rubriques:

a/ la fréquence des types R, T ou F à la latitude du foyer (rappelons que les modèles F ont des effets dans une bande de latitudes moins large que les modèles T): en général, quelques indications complémentaires seront données pour les latitudes inférieures;

(1) Elle peut devenir importante aux stations où un angle important existe entre méridien magnétique au sol et méridien magnétique E. R. C.

5.2. - THE AURORAL ZONE.

This second zone differs from the preceding one by the fact that the effects of the C_P system in general are not more predominant in relation to those of the C_M system; it differs from the following (the exterior of the auroral zone) by the fact that the agitation level above which all identification of S_R becomes futile (or even impossible) is very low. Let us specify, from this point of view, that a very distinct difference exists between observatories such as Tromsø (Tr), College (Co), Halley Bay (HB), Macquarie Island (MI) and such as Bear Island (B4), Point Barrow (PB), Mawson (Mw), Little America (LA) (see fig. 17 and 18 for the respective positions of these observatories in the E. R. C. coordinate system): while the S_R for the former can be in general identified partly or wholly below $Ap = 8$ to 10, this level goes down to about $Ap = 5$ for the latter. These values represent an order of magnitude, since there is a large variation of the S_R amplitude from winter to summer (it is particularly appreciable at stations whose geographical latitude is higher). As in the preceding zone, rule 4 will be of very constant use (in a strict sense for $K \geq 3$, in a wide sense for smaller values).

The effects of the C_M system are rather simple in this zone: in principle a pure minimum in H, the normal type (North or South) in D; sometimes, the effects of a T_h^m model will be felt. However, at stations where the angle of the geographical and magnetic meridians is large (this is frequent in this zone), the "magnetic meridian" effect (cf. p. 74-75) will introduce the S_R deformations described.

The chief reason of the day-to-day variability in this zone arises from the effects of the C_P system (see Table XIX, p. 88). Because of the daily variation of the activity, which is extremely large at these latitudes, the effects of the C_P system in the H component can be identified only at longitudes where they occur around the activity minimum. In the D-component, the agitation is weaker⁽¹⁾; hence, the S_R of D can usually be identified more easily, and, in the Northern hemisphere, the C_P system effects will introduce the variability of the S_R of D described on pages 86-87. A determination of the zero-level from very quiet winter records (see the method for this p. 92) may be useful to the observer for understanding his curves. However let us recall that the typical examples given in fig. 69 relate to very quiet days ($Ap = 3$).

5.3. - THE EXTERIOR OF THE AURORAL ZONE.

For each longitude zone of both hemispheres, the particular features of the S_R variation will be described under three headings:

a/ the frequency of the types R, T or F at the latitudes of the focus (recall that the effects of the F models are felt in a latitude band less wide than those of the T models): in general, some additional indications will be given for lower latitudes

(1) It may become appreciable at stations where a significant angle exists between the magnetic meridian at ground level and the E. R. C. magnetic meridian.

b/ les conditions de l'invasion du système C_M de l'autre hémisphère à la latitude du foyer: par conséquent, lorsque nous dirons que l'invasion n'existe que dans la matinée, ceci ne s'applique pas aux basses latitudes;

c/ les effets du système C_P ⁽¹⁾.

5.3.1. - Longitudes $0^\circ - 30^\circ$ E de l'hémisphère Nord.

a/ Modèles

En hiver, le modèle T_h^m est prédominant; ses effets sont accentués par l'invasion très profonde du système C_M de l'hémisphère Sud.

Le modèle F_h est fréquent à toute saison. Il est le plus souvent dissymétrique; parfois, le minimum qui suit le maximum est d'amplitude plus grande que celui qui précède; beaucoup plus fréquemment, c'est l'inverse. Ceci correspond à une forme intermédiaire entre modèle T_1^m et modèle F_h . La variabilité de l'heure du maximum est grande: entre 11 et 15h, l'heure la plus fréquente étant 13 à 14h.

Le modèle T_1^m n'est pas rare, bien que moins fréquent que le modèle F_h .

Le modèle F_1 ne semble pas exister sur ces longitudes. Parfois, cependant, on aura l'apparence d'un type F_1 ; autant que nous avons pu en juger, ceci est plutôt dû à la présence d'un type T_1^m , auquel s'ajoute un maximum matinal causé par l'effet décrit au § 4.1.5. (extension en longitude du système C_M).

Le modèle R est parfois rencontré; il correspond souvent à un modèle T ou F très atténué.

Aux latitudes inférieures, les formes précédentes sont très fréquemment perceptibles à Tamanrasset ou Helwan par exemple, moins souvent à M'Bour. En cette dernière station, une prudence assez grande doit être observée dans l'interprétation par le S_R d'un minimum secondaire, réel par rapport au niveau-zéro, de la courbe de H.

b/ Invasion

L'invasion du système C_M de l'hémisphère Sud est presque constante en hiver dans la matinée, et est le plus souvent extrêmement profonde (souvent jusqu'à Lerwick). Son effet maximum est vers 5h; elle cause sur l'une et l'autre composante un début très matinal du S_R (parfois avant 2 ou 3h). Elle ne semble pas exister dans la soirée.

Un trait particulier à ces longitudes doit être signalé (cf. ((23)) pour une description plus détaillée). L'intensité des courants du système C_M de cet hémisphère varie dans un rapport supérieur à 2 de manière très régulière (c'est-à-dire au cours de chaque rotation de la Terre); elle est la plus faible sur la longitude 75° E et la plus grande sur la longitude 270° E; elle est encore faible sur les longitudes $0^\circ - 30^\circ$ E, mais croît rapidement peu après. Il en résulte à ce moment une extension vers l'Est du système C_M , d'où sur ces mêmes longitudes une durée anormalement longue (par rapport aux autres longitudes) du maximum Ouest de l'après-midi aussi bien que de la fin du S_R de H. Les courbes S_q d'hiver sont très caractéristiques à cet égard et donnent une idée assez exacte de ce trait particulier.

(1) Nous ne mentionnerons pas l'effet de "distorsion", décrit au § 4.2.; il est absolument général.

- b/ the conditions for the invasion by the C_M system of the other hemisphere at the latitude of the focus: consequently, when we say that the invasion occurs in the morning only, this will not apply to low latitudes;
- c/ the effects of the C_P system⁽¹⁾.

5. 3. 1. - Northern longitudes $0^\circ - 30^\circ$ E.

a/ Models

In winter, the T_h^m model is predominant; its effects are accentuated by a very deep invasion by the Southern C_M system.

The F_h model is frequent in all seasons. It is usually asymmetrical; sometimes the amplitude of the minimum which follows the maximum is greater than that of the minimum which precedes it; much more frequently, it is the opposite. In this case, this corresponds to a shape intermediate between models T_1^m and F_h . The variability of the time of the maximum is large; it varies between 11h and 15h, the most frequent hour being 13h to 14h.

The T_1^m model is not rare, although it is less frequent than the F_h model.

The F_1 model does not seem to exist at these longitudes. However, sometimes a semblance of F_1 type is observed; as far as we could judge, it is due rather to the presence of T_1^m type to which is added a morning maximum produced by the effect described in § 4. 1. 5. (extension in longitude of the C_M system).

The R model is sometimes encountered; it often corresponds to a model T or F very attenuated.

At lower latitudes, traces of the preceding shapes are very often observed at Tamanrasset or Helwan for instance, less often at M'Bour. At the latter station, one must be very cautious in interpreting as S_R a secondary minimum (negative in relation to the zero-level) of the H curve.

b/ Invasion

The invasion of the Southern system is nearly always present during winter in the morning and, usually, is extremely deep (often up to Lerwick). Its largest effect is about 5h; it causes in both components a very early commencement of the S_R (sometimes before 2 or 3h). It does not seem to occur in the evening.

A feature particular to these longitudes must be mentioned (cf. ((23)) for a more detailed description). The current intensity of the Northern system varies very regularly during each rotation of the Earth with a ratio greater than 2; it is weakest about longitude 75° E, it is still weak at about longitudes $0^\circ - 30^\circ$ E, but increases rapidly just after to become a maximum about longitudes 270° E. Consequently, during this rapid increase, the C_M system spreads eastwards, whence, in these longitudes, an abnormally long duration (in relation to other longitudes) of the afternoon West maximum as well as of the tail of the S_R of H. The winter Sq curves illustrate distinctly this effect and therefore give a clear idea of it.

(1) We shall not mention the "distortion" effect, described in § 4. 1. 2.; it is quite general.

Aux basses latitudes, ceci apparait également: la décroissance du S_R de H se prolonge tard dans la nuit.

c/ Système C_P

Les effets du système C_P apparaissent en fin d'après-midi et dans la soirée. Ils sont parfois perceptibles à la latitude du foyer (l'Aquila, par exemple).

Aux latitudes supérieures, ils se prolongent parfois pendant une partie importante de la nuit sur la composante H. S'il n'y a pas de maximum matinal le jour suivant, on pourra avoir l'apparence d'un maximum tout au long de la nuit; plus souvent, on aura l'apparence après le maximum nocturne, d'un niveau constant assez court autour de 2 à 3h. S'il existe un maximum matinal, on aura l'apparence d'un minimum secondaire autour de ces heures⁽¹⁾.

A ces mêmes latitudes, un effet Est du système C_P sur la composante D est fréquent autour de 18-20h. Il cause une variabilité très importante du S_R de D dans la nuit: selon l'extension en longitude du système C_M et l'importance de cet effet du système C_P , on pourra observer, entre 18h et 6h, un niveau constant, ou une dérive constante Ouest-Est, ou un mouvement curviligne formé d'un maximum Est et d'un maximum Ouest. Parfois encore, cet effet sur D peut commencer assez tôt et réduire considérablement l'amplitude du maximum Ouest principal (dû au système C_M), qui devient très faible par rapport à celle du maximum Est principal.

5.3.2. - Longitudes 240° - 300° E de l'hémisphère Nord.

a/ Modèles

Cette région est certainement, parmi toutes les autres régions du Globe, celle où l'identification du S_R est la plus difficile. La raison en est double: d'une part, la configuration du champ moyen dans cette région (voir fig. 29) est telle que le système C_M y subit très fréquemment et plus qu'ailleurs des déformations profondes: d'autre part, l'interprétation des effets du seul système C_M est rendue très complexe par l'existence des effets du système C_P en milieu de journée à des latitudes assez basses (cf. p. 86). De plus, l'effet "méridien magnétique" dans la partie Ouest de cette région rend plus difficile une comparaison directe des enregistrements avec ceux d'autres observatoires.

La variabilité du S_R de H est extrêmement grande. Les types T_1^m et T_h^m ⁽²⁾ ou F_1 et F_h peuvent être rencontrés sans qu'on puisse dire s'ils correspondent effectivement aux modèles T ou F. Non moins souvent peut-être, les formes observées ne peuvent être classées morphologiquement. Le déplacement en latitude du foyer semble être, lui aussi, particulièrement grand.

(1) Sur ces longitudes, comme sur toutes les autres longitudes, des variations-K positives en forme de baies (elles ne sont pratiquement jamais d'allure régulière) se produisent souvent dans l'après-midi en été; elles contribuent à donner au SD d'été une forme différente du SD d'hiver ((27)). La figure 36 donne un exemple de ce phénomène à Eskdalemuir; il est particulièrement fort ce jour-là. Il en résulte que, en période d'agitation moyenne, l'interprétation de l'effet positif du système C_P à ces heures devra être plutôt "minimale". Autrement dit, le lissage de la courbe sera fait en passant plutôt en dessous qu'en dessus de telles variations-K.

(2) Voir, par exemple, un très bel exemple de variabilité jour-à-jour pour San Juan; le 21/4/1959, on a un type T_h^m , et le 22/4, un type T_1^m ; on avait plutôt un type F_h le 20/4.

At low latitudes, it also appears: the decrease of the S_R of H continues far into night.

c/ C_P system

The effects of the C_P system occurs in the afternoon and in the evening. They are sometimes felt at the latitude of the focus (Aquila, for instance).

At higher latitudes, they sometimes continue during a great part of the night in the H component. If there is no morning maximum on the following day, the appearance of a maximum throughout the night can be observed; usually, there will appear to be, after the nocturnal maximum, a rather brief constant level around 2h to 3h. If a morning maximum exists, there will appear to be a secondary minimum about this time⁽¹⁾.

At these same latitudes, an East effect of the C_P system in the D component is frequent about 18h-20h. It produces a very significant variability of the S_R of D during the night: according to the extension in longitude of the C_M system and the importance of this effect of the C_P system, one can observe, between 18h and 6h a constant level, or a constant East-West drift, or a curvilinear movement made up of an East maximum and a West maximum. Sometimes, moreover, this effect in D can begin quite early and considerably reduce the amplitude of the main West maximum (due to the C_M system), which becomes very small with respect to the amplitude of the main East maximum.

5.3.2. - Northern longitudes $240^\circ - 300^\circ E$.

a/ Models

This region, among all regions of the Globe, is certainly the one where the S_R identification is most difficult. The reason is twofold: on the one hand, the configuration of the main field in this region (see, fig. 29) is such that the C_M system undergoes there profound deformations which are very frequent and larger than elsewhere; on the other hand, the interpretation of the effects of the C_M system is made very complex because of the existence of the effects of the C_P system in the middle of the day, down to rather low latitudes (cf. p. 86). Moreover, the "magnetic meridian" effect in the western part of this region makes more difficult a direct comparison of the records with those of other observatories.

The variability of the S_R of H is very large. The types T_1^m and $T_h^{m(2)}$ or F_1 and F_h can be encountered, and one cannot assert whether they actually correspond to models T or F. No less often perhaps, the observed shapes cannot be classified morphologically. The latitude shift of the focus seems to be especially large.

(1) At these longitudes, as at all other longitudes, bay-like positive K-variations (they are practically never smooth) often occur in the afternoon in summer; they are the cause of the difference in shape between the summer SD and the winter SD ((27)). Figure 36 gives an example of this phenomenon at Eskdalemuir; it is particularly strong on this day. Consequently, in a period of moderate agitation, the interpretation of the positive effect of the C_P system at these times must be preferably "minimal". In other words, the smoothing of the curve will be carried out by passing below rather than above such K-variations.

(2) See, for instance, a very good example of the day-to-day variability at San Juan: on 21/4/1959, there is a T_h^m type, and, on 22/4/1959, a T_1^m type; one approaches an F_h type on 20/4.

Aux latitudes inférieures, la variabilité est sans doute plus grande à San Juan qu'à Teoloyucan. En ces deux stations, la règle 6 sera d'application difficile mais constante. Plus qu'ailleurs peut-être, la remarque faite à la page est importante: en cas de doute, passer vite en choisissant l'interprétation minimale.

A Fuquene et Paramaribo, des traces légères des types F ou T peuvent être observées. Elles deviennent pratiquement inexistantes à Tatuoca, où la principale déformation du maximum principal du S_R de H que l'on puisse rencontrer est un minimum secondaire vers 15 à 16h.

b/ Invasion

L'invasion est moins profonde que sur les longitudes européennes, mais se produit plus tôt en temps local⁽¹⁾; elle ne cause cependant que des effets faibles. La connaissance de leur existence permet de comprendre qu'en des jours très calmes, une variation nocturne soit observée sur le S_R de D et que le S_R de H commence extrêmement tôt. Ce dernier caractère est accentué à Tucson, à toute saison, par l'effet "méridien magnétique".

c/ Système C_P

Les effets du système C_P sont, sur H, l'élément principal de la variabilité jour-à-jour. Dans toute cette région, aux latitudes magnétiques E. R. C. supérieures à 50° , le minimum principal du S_R de H dû au système C_M pourra parfois complètement disparaître par suite de l'effet du système C_P ⁽²⁾.

L'angle important entre méridien magnétique et méridien géographique, dans la partie Ouest de cette région, introduit un élément supplémentaire de variabilité jour-à-jour: Victoria est typique à ce point de vue.

L'effet du système C_P sur D ne semble pas exister dans la partie Est de cette région; il commence à devenir sensible dans sa partie Ouest (à Sitka, par exemple) sous la forme d'un effet Ouest très tôt dans la matinée.

5. 3. 3. - Longitude 180° - 210° E de l'hémisphère Nord.

Nous mentionons cette région à cause de Honolulu (il n'y a pas de station à la latitude du foyer).

La trace d'un type F_1 n'est pas rare en cette station, aussi bien que d'un type T_1^m ⁽³⁾. Celle d'un type T_h^m serait rare; celle d'un type F_h ne semble pas exister. La variation d'amplitude du maximum est assez grande; elle serait le signe d'une variabilité analogue de la position du foyer.

5. 3. 4. - Longitudes 140° E de l'hémisphère Nord.

a/ Modèles

(1) Ainsi, le S_q de D d'hiver à Tucson montre que l'invasion est la plus grande à 1h T. L. Il semblerait que, lorsque le système de l'hémisphère Sud envahit les longitudes européennes, il a tendance à envahir en même temps les longitudes américaines. Il en résulte que l'invasion apparaît plus tôt en temps local sur ces dernières longitudes.

(2) Voir également la note 1 de la p. 36.

(3) Ainsi, l'enregistrement de H de la figure 40 est typique de la trace d'une forme intermédiaire entre des types F_1 et T_1^m ; le premier enregistrement de la figure 38 est typique d'une trace de F_1 .

At lower latitudes, the variability is probably larger at San Juan than at Teoloyucan. Rule 6 will be of difficult but constant application at these two stations. More than elsewhere perhaps, the remark made on page 60 is important: in case of doubt, proceed quickly by choosing the minimal interpretation.

At Fuquene and Paramaribo, weak traces of the F or T types can be observed. They become practically non-existent at Tatuoca; the chief deformation of the main maximum of the S_R of H which can be encountered there, is a secondary minimum about 15h to 16h.

b/ Invasion

The invasion is less deep than in European longitudes but occurs earlier in local time⁽¹⁾; however it produces only weak effects. A knowledge of their existence permits one to understand that, on very quiet days, a nocturnal variation is observed in the S_R of D and that the S_R of H begins very early. This last feature is reinforced at Tucson, at all seasons, by the "magnetic meridian" effect.

c/ C_P system

The effects of the C_P system are the chief elements of the day-to-day variability in the H component. In the whole of this region, at E. R. C. magnetic latitudes higher than 50° , the main minimum of the S_R of H due to the C_M system may sometimes entirely disappear because of the effect of the C_P system⁽²⁾.

The large angle between the magnetic meridian and the geographic meridian, in the Western part of this region, introduces an additional cause of the day-to-day variability: Victoria is typical from this point of view.

The effect of the C_P system in D does not seem to exist in the Eastern part of this region; in the Western part (at Sitka, for instance), it begins to be felt in the form of a West effect very early in the morning.

5.3.3. - Northern longitudes $180^\circ - 210^\circ$ E.

We mention this region because of Honolulu (there is no station at the latitude of the focus).

Traces of a F_1 type are not rare at this station, as well as a T_1^m type⁽³⁾. A trace of a T_h^m type would be rare; one of an F_h type does not seem to exist. The variation of the amplitude of the maximum is rather great; it would be the sign of an analogous variability of the position of the focus.

5.3.4. - Northern longitudes 140° E.

a/ Models

(1) Thus, the winter Sq curve of D at Tucson shows that the invasion is largest at 1h L. T. It would seem that, when the Southern system invades the European longitudes, it tends to invade the American longitudes at the same time. Consequently, the invasion occurs earlier in local time in the latter.

(2) See, also, the foot-note of page 96.

(3) Thus, the H-record of figure 40 is typical of the trace of a shape intermediate between types F_1 and T_1^m ; the first record of figure 38 is typical of a trace of F_1 .

La description faite au § 4.1.1. a montré que tous les types de S_R de H existent sur cette longitude.

Le modèle T_1^m serait probablement le plus fréquent à toute saison; associé à une invasion dans la matinée, il peut donner l'apparence d'un type F_1 .

Le modèle T_h^m existe cependant en hiver.

Le modèle F_h est fréquent (il nous semble l'avoir observé plus fréquemment en 1960 et 1961 qu'en 1958 et 1959); souvent, son maximum est tardif (vers 15h); ceci correspond à une transition entre modèles T_1^m et F_h . Le modèle F_1 n'est pas tellement fréquent.

Le modèle R est assez rare.

Aux latitudes inférieures, Guam et Muntulupa, de latitudes assez basses, ne présentent que très peu de traces des types F ou T sur le S_R de H. Ces traces n'apparaissent guère que sous la forme de dissymétries du maximum principal.

b/ Invasion

L'invasion est assez fréquente en hiver. Plus fréquente dans la matinée, elle se produit aussi dans la soirée; ces longitudes seraient peut-être les seules où une invasion dans la soirée remonte jusqu'à la latitude du foyer. Dans la matinée, l'invasion est plus tardive que sur les longitudes européennes.

c/ Système C_P

Les effets du système C_P sont inexistant à la latitude du foyer du système C_M . Selon les courbes Sq de H, ils commenceraient à apparaître à Memambetsu autour de 23h T. L. (effet de 4 gammas environ); nous ne les avons pas personnellement identifiés sur les enregistrements.

Nous n'avons pas étudié systématiquement les enregistrements de Srednikan et de Yakutsk. Cependant, en ces stations, l'effet du système C_P doit causer une variation nocturne du S_R de H analogue à celle de Argentine Island (voir fig. 64), mais certainement plus faible.

Sur D, il introduit une variation nocturne du type de celle de la figure 71.

5.3.5. - Longitudes 60° E de l'hémisphère Nord.

Nous n'avons pas étudié systématiquement d'enregistrements de cette région à la latitude du foyer ou aux latitudes supérieures, mais avons seulement fait des comparaisons de microfilms d'enregistrements avec des enregistrements typiques des régions décrites aux § 5.3.1. et 5.3.4. Les indications que nous donnerons sont donc moins significatives.

a/ Modèles

Une estimation des fréquences relatives des différents modèles pourrait être obtenue par une moyenne des indications données aux § 5.3.1 et 5.3.4. Le type le plus fréquent est sans doute un F_h profondément dissymétrique (2d minimum beaucoup plus faible en amplitude que le 1er), intermédiaire entre le type T_1^m et le type F_h .

Aux latitudes inférieures, tandis que les traces des différents types de S_R de H sont certainement très fréquentes à Quetta, elles apparaissent moins souvent à Alibag; la variabilité du S_R de H est beaucoup moins marquée en cette station qu'à Tamanrasset, qui est cependant de latitude analogue. Cha-Pa représenterait des conditions analogues à Alibag.

The description made in § 4.1.1. has shown that all types of the S_R of H exist at this longitude.

The T_1^m model would probably be most frequent at all seasons; when associated with an invasion in the morning, it can give the appearance of a F_1 type.

The T_h^m model, however, exists in winter.

The F_h model is frequent (we have observed it perhaps more frequently in 1960-1961 than in 1958-1959); often, its maximum is late (about 15h): this corresponds to a transition between models T_1^m and F_h . The F_1 model is not so very frequent.

The R model is rather rare.

At lower latitudes, Guam and Muntulupa, whose latitude is rather low, present only very few traces of the F or T types in the S_R of H. These traces hardly appear except in the form of an assymetry in the main maximum.

b/ Invasion

The invasion is rather frequent in winter. It is more frequent in the morning, but occurs also in the evening; these longitudes would probably be the only one where an invasion in the evening reaches the latitude of the focus. In the morning, the invasion is later than in European longitudes.

c/ C_P system

The effects of the C_P system are non-existent at the latitude of the C_M system focus. According to the S_q curves of H, an effect of about 4 gammas appears at Memambetsu around 23h L. T., but the author has not identified it on individual records.

We have not systematically studied the records of Srednikan and Yakutsk. However, at these stations, the effect of the C_P system must bring about a nocturnal variation of the S_R of H analogous to that of Argentine Island (see fig. 64), but certainly weaker.

In the D component, the C_P system effect introduces a nocturnal variation such as that of figure 71.

5.3.5. - Northern longitudes 60° E.

The author has not systematically studied records of this region at the latitude of the focus or at higher latitudes, but has only made comparisons of microfilms of records with typical records from the region described in § 5.3.1. and 5.3.4.; the indications given are therefore less significant.

a/ Models

An estimation of the respective frequencies of various models could be obtained by taking an average of the indications given in § 5.3.1. and 5.3.4. The most frequent type is probably an F_h , profoundly asymmetrical (2nd minimum much smaller in amplitude than the 1st), intermediate between type T_1^m and type F_h .

At lower latitudes, while traces of the various types of the S_R of H are probably very frequent at Quetta, they appear less often at Alibag; the variability of the S_R of H is much less marked at this station than at Tamanrasset which is however of a similar latitude. Cha-Pa would probably represent conditions analogous to Alibag.

b/ Invasion

L'invasion dans la matinée doit être relativement importante en hiver. Selon les courbes S_q de D de Tashkent, elle se produit autour de 4 à 5h et commence plus tard que sur les longitudes européennes.

D'autre part, cette région se caractérise en hiver par la très faible amplitude du S_R de D ou de H.

c/ Système C_P

A la latitude du foyer du système C_M (Tashkent, par exemple), les effets du système C_P sont sans doute négligeables. Ils commencent à apparaître à Sverdlovsk (au milieu de la nuit sur H) mais sont faibles. Ils devraient devenir plus sensibles aux latitudes supérieures. Les effets sur D doivent introduire une variabilité importante dans la nuit.

5. 3. 6. - Longitudes australiennes.

a/ Modèles

Assez clairement, le modèle F_1 serait le plus fréquent, avec une assez grande variabilité de forme (dissymétrie d'amplitude entre les deux maximums et variabilité de l'heure du minimum). Le modèle F_h est assez rare.

L'un ou l'autre des modèles T ne seraient pas rares (en particulier, le modèle T_h^m en hiver), de même que le modèle R.

Par rapport à d'autres régions, il nous a semblé que la variabilité de la position du foyer est assez grande.

Sur la longitude de Amberley (de latitude nettement supérieure à celle du foyer), un élément important de variabilité est introduit par l'effet "méridien magnétique".

Aux latitudes inférieures (Apia, Port Moresby, Kuyper), les traces des différents types T et F nous ont semblé être relativement peu fréquentes. Les traces de F_1 seraient peut-être celles qui sont rencontrées le plus fréquemment.

b/ Invasion

L'invasion existe dans la matinée. Elle n'est pas très forte à la latitude du foyer.

c/ Système C_P

L'effet du système C_P apparaît parfois jusqu'à Gngangara en été. Il introduit donc un élément supplémentaire de la variabilité du S_R de H en cette station, bien qu'à un titre moindre qu'à Tucson.

Il constitue un élément important de la variabilité du S_R de H à Toolangi et à Amberley dans l'après-midi local, mais il semble pratiquement inexistant en hiver à ces latitudes⁽¹⁾.

5. 3. 7. - Longitudes 70° E de l'hémisphère Sud.

Kerguelen mérite une mention spéciale. La déclinaison (48° W) cause un effet "méridien magnétique" considérable, et l'effet du système C_P est très important dans la matinée locale. Ce sont là les deux principaux éléments à retenir en cette

(1) Voir, aussi, la note 1 page 96.

b/ Invasion

The invasion in the morning must be relatively important in winter. According to the S_q curves of D at Tashkent, it occurs about 4h to 5h and begins later than in European longitudes.

Moreover, this region is characterized in winter by the very small amplitude of the S_R of D or H.

c/ C_P system

At the latitude of the focus (Tashkent, for instance), the effects of the C_P system are probably negligible. They begin to appear at Sverdlovsk (in the middle of the night in H) but are small. They should be more clearly perceptible at higher latitudes. The effects in D must introduce a significant variability at night.

5.3.6. - Australian longitudes.

a/ Models

The F_1 model would definitely be the most frequent, with a rather larger variability in shape (asymmetry in amplitude between the two maximums and variability in time of the minimum). The F_h model is rather rare.

One or other of the T models would not be rare (in particular, the T_h^m model in winter), as also the R model.

In relation to other regions, the variability of the latitude of the focus seems to be rather large.

At the longitude of Amberley (whose latitude is distinctly higher than that of the focus), an important element of variability is introduced by the "magnetic meridian" effect.

At lower latitudes (Apia, Port Moresby, Kuyper), the traces of the different types T and F seem to us to be relatively rare. The most frequent traces would probably be those of F_1 .

b/ Invasion

The invasion exists in the morning. It is not very strong at the latitude of the focus.

c/ C_P system

The effect of the C_P system sometimes appears down to Gwangara in summer. Consequently, it is an additional cause of the variability of the S_R of H at this station, but not to the same extent as at Tucson.

It is an important cause of the variability of the S_R of H at Toolangi and Amberley in the local afternoon, but it seems practically non-existent in winter at these latitudes⁽¹⁾.

5.3.7. - Southern longitudes 70° E.

Kerguelen deserves a special mention. The declination (48°W) causes a considerable "magnetic meridian" effect, and the effect of the C_P system is very large in the local morning. Those are the two main elements to remember at this

(1) See, also, the foot-note of page 96 .

station où l'interprétation du S_R est certainement très difficile.

5. 3. 8. - Longitudes africaines de l'hémisphère Sud.

a/ Modèles

A la latitude du foyer (Hermanus), cette région semble, comme les longitudes américaines de l'hémisphère Nord, être l'une des plus difficiles pour l'identification du S_R . L'existence de l'anomalie de la configuration du champ moyen dans cette région (voir fig. 29) introduit certainement des déformations complexes du système C_M , qui apparaissent en particulier sous la forme d'une variabilité de l'effet "méridien magnétique".

Il semble cependant qu'on puisse affirmer que le type F_1 est assez fréquent; ceci serait confirmé par l'existence de traces de F_1 aux latitudes inférieures (Elisabethville, par exemple). Le type F_h serait rare.

L'effet "méridien magnétique", causant par lui-même un type T_h^m , empêche de discerner si le type T_1^m existe.

Aux latitudes inférieures, on pourrait dire que la déformation la plus importante qui apparaît sur le S_R de H est une trace de F_1 sous la forme d'un minimum secondaire (assez tardif d'ailleurs: vers 13h à 15h). Ce fait est clair à Elisabethville, et encore perceptible parfois à Lwiro; il n'existerait guère à Bangui. Des traces de T_h^m seraient possibles.

Enfin, la variabilité en latitude du foyer serait assez grande à ces longitudes: on rencontre parfois presque un type R à Elisabethville.

b/ Invasion

L'invasion, moins forte que sur les mêmes longitudes de l'hémisphère Nord, semblerait être la plus forte sur ces longitudes de l'hémisphère Sud.

La variabilité du S_R de D est particulièrement grande aux stations de basse latitude; elle y serait plus grande que sur les autres longitudes de cet hémisphère.

c/ Système C_P

Les effets du système C_P semblent être négligeables à la latitude de Hermanus.

5. 3. 9. - Longitudes américaines de l'hémisphère Sud.

a/ Modèles

En hiver, le modèle T_h^m est fréquent. Autrement, les modèles prédominants seraient les modèles T_1^m et F_1 . Cependant le modèle F_h existe aussi, et il se présente sous une forme dissymétrique analogue à une transition entre un modèle T_1^m et un modèle F_h (c'est-à-dire 2d minimum d'amplitude faible par rapport à celle du 1er minimum, et maximum intermédiaire assez tardif). Enfin des formes proches du modèle R ne sont pas rares. La variabilité du S_R dans cette région reste assez complexe par suite de la configuration du champ moyen (voir fig. 29) mais est moins grande cependant qu'en Amérique du Nord.

Un trait spécifique de cette région serait que les traces des modèles F ne sont pas rares à des latitudes supérieures relativement élevées: ainsi à Orcadas, et même à Argentine Island (65° S).

Aux latitudes inférieures, les traces des formes précédentes, telles qu'elles sont observées à Trelew, sont encore nettes à Pilar. Elles ont pratiquement disparu à

station where the interpretation of S_R is definitely very difficult.

5.3.8. - Southern African longitudes.

a/ Models

At the latitude of the focus (Hermanus), this region seems to be one of the most difficult for S_R identification, as are the Northern American longitudes. The existence of the anomaly of the configuration of the main field in this region (see, fig. 29) certainly introduces complex deformations of the C_M system, which in particular appear in the form of a variability of the "magnetic meridian" effect.

However it seems that the F_1 type would be rather frequent; this would be confirmed by the existence of F_1 traces at lower latitudes (Elisabethville for instance). The F_h type would be rare.

The "magnetic meridian" effect which causes by itself a T_h^m type prevents one discerning whether type T_1^m exists.

At lower latitudes, the most important deformation which appears in the S_R of H would be a trace of F_1 in the form of a secondary minimum (which is rather late: about 13h to 15h). This fact is clear at Elisabethville and sometimes still effective at Lwiro; it hardly exists at Bangui. Some traces of T_h^m would be possible.

Finally, the variability of the latitude of the focus would be rather large at these longitudes: sometimes a nearly-R type is encountered at Elisabethville.

b/ Invasion

The invasion, less strong than in the same longitudes of the Northern hemisphere, would seem to be strongest in these Southern longitudes.

The variability of the S_R of D is especially large at the stations of low latitude, and would be larger there than in the other longitudes of this hemisphere.

c/ C_P system

The effects of the C_P system seem to be negligible at the latitude of Hermanus.

5.3.9. - Southern American longitudes.

a/ Models

In winter, the T_h^m model is frequent. Otherwise, the prevalent models would be models T_1^m and F_1 . However the F_h model also exists, and its shape is very asymmetrical (analogous to a transition between a T_1^m model and an F_h model: namely, a small amplitude of the 2nd minimum in relation to that of the 1st minimum, and a rather late intermediate maximum). Finally shapes close to the R model are not rare. The S_R variability in this region remains rather complex because of the configuration of the main field (see fig. 29) but is less large than in the Northern American longitudes.

A particular feature of this region would be the following: traces of the F models are not rare at relatively high latitudes, e.g. at Orcadas, and even at Argentine Island (65°S).

la latitude de Vassouras.

b/ Invasion

Les effets de l'invasion ne sont pas très grands à Trelew; ils existent dans la matinée.

c/ Système C_P

Les effets du système C_P sont très importants dans la nuit locale à Argentine Island et encore à Orcadas; une trace très faible peut parfois en être observée dans la nuit à Trelew.

5. 4. - L'ELECTROJET EQUATORIAL

Notons tout d'abord que cette zone présente, par rapport aux zones situées de part et d'autre, une anomalie au point de vue de la variation journalière de l'activité: celle-ci est la plus grande dans la journée. Autrement dit, l'activité est amplifiée dans cette zone par le phénomène "électrojet équatorial" au même titre que la variation journalière S_R; cette amplification est très importante, surtout par activité moyenne ou faible⁽¹⁾.

Il en résulte que la mesure des indices K est facilitée, parce que les incertitudes relatives à l'identification du S_R sont souvent sans importance devant l'agitation.

La description faite pour les événements-SD des basses latitudes reste pleinement valable (cf. Chap. 3. 2. 3), aussi bien que les caractères particuliers mentionnés dans les commentaires de la règle 3.

Dans la zone de l'électrojet, les remarques faites pour les stations de basse latitude lors de la description globale du S_R (cf. en particulier chap. 4. 1. 6.) sont évidemment valables. Autant que nous avons pu en juger, les dissymétries observées sur le S_R de H de stations situées de part et d'autre de l'électrojet se retrouvent parfois sur le S_R de l'électrojet équatorial. Une part de la variabilité jour-à-jour dans cette zone relève donc des systèmes C_M.

Deux autres traits particuliers à l'électrojet doivent être mentionnés
1/ l'existence d'un minimum matinal, 2/ la variation lunaire L.⁽²⁾

5. 4. 1. - Le minimum matinal de l'électrojet équatorial.

La figure 74 donne la reproduction de deux enregistrements de H à Addis-Abéba. Sur chacun d'eux, un minimum matinal extrêmement net apparaît. Il commence très tôt (3h T. L.), et fait suite à une dérive négative (qui n'est donc pas due à un effet de post-perturbation). Le changement de pente observé vers 3h10 sur le premier exemple est tout à fait caractéristique; il représente un caractère morphologique, qui est fréquemment retrouvé sur les enregistrements d'hiver lorsqu'un tel minimum matinal existe. L'interprétation, par des systèmes de courants, d'un tel minimum matinal pose un problème difficile; en effet ce minimum n'existe pas aux stations situées à

(1) Voir, par exemple, ((28)).

(2) Quelques compléments aux remarques faites ci-dessous seront sans doute donnés dans la troisième partie (à publier) de l'article mentionné à la référence ((23)), qui concernera l'électrojet équatorial.

At lower latitudes, traces of the preceding shapes, such as they are observed at Trelew, are still distinct at Pilar. They have practically disappeared at the latitude of Vassouras.

b/ Invasion

The effects of the invasion are not very large at Trelew; they occur in the morning.

c/ C_P system

The effect of the C_P system is very important in the local light at Argentine Island and is still so at Orcadas; a very weak trace of it may sometimes be observed at Trelew during the night.

5.4. - THE EQUATORIAL ELECTROJET

Note first that this zone presents, with respect to the zones located on either side of it, an anomaly in the daily variation of activity: the latter is greatest during the night. In other words, the activity is amplified in this zone by the "equatorial electrojet" phenomenon as is the case with the daily S_R variation; this amplification is very large, especially during moderate or weak agitation⁽¹⁾.

Consequently, the measurement of K-indices is made easier because the uncertainties relative to the S_R identification are often unimportant in relation to the agitation.

The description made for the low latitude SD-events remains entirely valid (cf. chap. 3.2.3.), as well as the particular features mentioned in the comment to rule 3.

In the electrojet zone, the remarks made for the low latitude stations in the global description of S_R (cf. in particular, chap. 4.1.6) are obviously valid. As far as we could judge, the asymmetries observed in the S_R of H at stations located on either side of the electrojet are sometimes encountered in the S_R of the electrojet. Therefore part of the day-to-day variability in this zone arises from the C_M systems.

Two other features, particular to the electrojet, have to be mentioned
1/ the existence of a morning minimum, 2/ the lunar variation L.⁽²⁾

5.4.1. - The morning minimum of the equatorial electrojet.

Figure 74 gives the reproduction of two H-records at Addis-Ababa. On each of them, a very distinct minimum appears in the morning. It begins very early (3h L. T.) and follows a negative drift (which therefore is not due to a post-perturbation effect). The change in slope observed about 3h10 on the first example is quite characteristic; it represents a morphological feature, which is frequently seen on the winter records when such a morning minimum exists. The interpretation, by current systems, of such a morning minimum, is a difficult problem, because this minimum does not exist at stations located $\pm 10^\circ$ from the magnetic equator.

(1) See, for instance, ((28)).

(2) Some additions to the remarks made below will probably be given in the third part (to be published) of the paper mentioned in reference ((23)), which will deal with the equatorial

$\pm 10^0$ de part et d'autre de l'équateur magnétique.

Ce phénomène a nettement son amplitude la plus grande sur la longitude d'Addis-Abéba; il est clair également à Trivandrum et à Koror (en cette dernière station, il est de durée beaucoup plus courte). Il existe à Ibadan, mais semble être devenu extrêmement faible à Huancayo.

En toutes les stations précédentes, ce minimum matinal, qui est variable de jour à jour et peut par conséquent ne pas exister, apparaît au solstice de décembre et à l'équinoxe. A cette dernière saison, il dure moins longtemps mais reste souvent assez prononcé. L'un et l'autre des exemples donnés sont très caractéristiques à cet égard. Au solstice de juin, un tel minimum serait plus rare.

5. 4. 2. - La variation L.

L'une des principales raisons de la variabilité apparente du S_R de H dans la zone de l'électrojet est la superposition, à cette variation, de la variation L. On sait qu'elle présente la propriété paradoxale d'être la plus grande en amplitude au solstice de décembre (particulièrement en janvier) sur toutes les longitudes. Elle présente de plus une variabilité jour-à-jour extrêmement grande; selon l'étude que nous avons faite, à deux reprises, des enregistrements d'Addis-Abéba, il semble que cette variabilité porte plus sur l'amplitude que sur la phase. Il en résulte qu'il peut être extrêmement utile aux observateurs de disposer des tables lunaires publiées par J. Bartels et G. Faselau ((29)).

Ces tables donnent pour jusqu'en 1975, les valeurs quotidiennes de la quantité $\mu = 24 - \nu$, où ν est l'âge de la Lune moyenne au méridien de Greenwich. Puisque, statistiquement, la variation L peut être décrite comme étant une onde semi-diurne ayant ses maximums environ 7 heures après les transits de la Lune ((30, p. 272)), on peut considérer que les heures locales $\nu + 7h$ et $\nu + 19h$ représentent des heures probables L_p d'apparition d'un effet positif pendant les heures de jour, et que les heures locales $\nu + 1h$ et $\nu + 13h$ représentent des heures probables L_n d'apparition d'un effet négatif. Utiliser la quantité ν pour toute longitude, alors qu'elle est valable pour le méridien de Greenwich, n'introduit qu'une différence négligeable au point de vue qui nous intéresse ici.

Par conséquent, une déformation positive d'allure régulière du S_R de H (ou une déformation négative) se produisant vers ces heures respectives a quelque chance d'être causée par la variation lunaire.

La figure 75 donne une séquence d'enregistrements d'Addis-Abéba où la régularité de l'occurrence des effets de la variation L est particulièrement remarquable.

La figure 76 donne la reproduction d'un enregistrement d'avril. L'intérêt de cet exemple est de montrer que le minimum secondaire est plus proche de l'heure L_p que de l'heure L_n . Ceci pourrait cependant être compris par le fait que l'effet maximum dû au L est assez tardif; il a donc tendance à causer, avant qu'il ne commence,

This phenomenon definitely has its largest amplitude at the longitude of Addis-Ababa; however, it is clear also at Trivandrum and at Koror (at the latter station, its duration is much shorter). It exists at Ibadan, but seems extremely small at Huancayo.

At all these stations, this morning maximum (which is variable from day to day and may be absent) occurs at the December solstice and at the equinoxes. At the latter season, its duration is shorter but its amplitude is often rather marked. Both examples given are very characteristic in this respect.

5. 1. 2. - The L variation.

One of the chief reasons for the apparent variability of the S_R of H in the electrojet zone is the superposition of the L variation onto the S_R variation. It is well known that the L variation has the paradoxical property of being largest in amplitude at the December solstice (particularly in January) at all longitudes. Moreover, its day-to-day variability seems very large; according to the study which the author has made on two occasions of the Addis-Ababa records, this variability would be a variability of amplitude rather than a variability of phase. Consequently, it may be quite useful for observers to have at their disposal the lunar tables published by J. Bartels and G. Fanselau ((29)).

Such Tables give up to 1975 the daily value of the quantity $\mu = 24 - \gamma$, where γ is the age of the mean Moon at the Greenwich meridian. Since the L variation can be statistically described as a semidiurnal wave with maxima about 7 hours after the Moon's transits ((30, p. 272)), one can consider that the local hours $\gamma + 7h$ and $\gamma + 19h$ represent probable times L_p of occurrence of a positive effect during daytime, and that the local hours $\gamma + 1h$ and $\gamma + 13h$ represent probable times L_n occurrence of a negative effect. To use the quantity γ for all longitudes, while it is valid for the Greenwich meridian, introduces a negligible error for this purpose.

Consequently, a smooth positive deformation of the S_R of H (or a negative deformation) occurring around these respective hours has some chance of being caused by the lunar variation.

Figure 75 gives a series of records at Addis-Ababa: the regularity of the occurrence of the L variation effects on them is quite remarkable.

Figure 76 gives the reproduction of an April record. This example shows that the secondary minimum is closer to the hour L_p than to the hour L_n . However this could be understood by the fact that the maximum effect due to L is rather late; therefore, it

l'aspect d'un minimum secondaire⁽¹⁾.

Enfin la figure 77 donne un exemple de ce qui serait peut-être causé par une variabilité de phase de la variation L: le minimum secondaire, d'allure très régulière, est intermédiaire entre les heures L_p et L_n , et l'interprétation précédente (minimum secondaire "apparent" dû au maximum de l'effet L assez tardif) ne peut être retenue: il s'agit ici d'un minimum secondaire "réel" par rapport au niveau nocturne, et l'heure probable de l'effet L_n ne précède pas mais fait suite à ce minimum. Il a été vérifié que cette variation régulière ne semble pas correspondre à un événement-SD; elle semble donc devoir être interprétée par la variation L.

L'apparition de minimums secondaires, non en phase avec l'heure L_n , est toujours possible en ces stations. La règle 6 devra alors être utilisée, avec d'autant plus de prudence cependant que l'on est proche de l'heure du minimum de la courbe SD.

CHAPITRE 6

EFFET DE POST-PERTURBATION ET NIVEAU-ZERO.

L'effet de post-perturbation est une variation non-K (cf. chap. 1.3.3.) et deux questions se posent à son sujet. D'une part, à partir de quel moment l'effet de post-perturbation commence-t-il après un orage ? d'autre part quel est l'intérêt de son identification les autres jours ? Cette dernière question nous conduira à aborder le problème du niveau-zéro, dont l'intérêt est assez grand pour l'identification du S_R .

6.1. - L'EFFET DE POST-PERTURBATION.

La figure 78 donne la reproduction des enregistrements de H à Tamanrasset pour deux jours consécutifs. Au début du premier enregistrement, le maximum principal du S_R de cette station est clair. Puis un orage commence; il est assez complexe, puisque, il comporte 2 débuts brusques: 13h31 et 18h29 (ces deux débuts sont rapportés dans la liste des Bulletins 12). La première phase (effet positif) semble à peu près inexistante, mais la phase principale (effet négatif) est claire; des variations-K négatives, provenant d'événements-SD, lui sont superposées.

Le tracé en tirets et points est un lissage de la courbe qui tend à représenter

(1) De telles particularités seraient sans doute accentuées par une propriété particulière de la variation L. Une comparaison d'enregistrements individuels montre que, certains jours, l'effet dû au L existe sur des longitudes différentes (de 5 à 6 heures, par exemple) avec une amplitude équivalente. Mais, d'autres jours, il est plus faible sur une longitude que sur l'autre, et, d'autres jours, il est présent sur l'une et complètement absent sur l'autre. On a l'impression alors que l'effet L n'a duré qu'un laps de temps assez court; ce fait qui reste à expliquer serait peut-être à l'origine de la grande variabilité du L. Finalement dans le cas de la figure 76, il est possible que l'effet L soit plus fort autour de l'heure L_p que de l'heure L_n .

tends to give, before it becomes active, the aspect of a secondary minimum⁽¹⁾.

Finally, figure 77 gives an example of what would perhaps be caused by a phase variability of the L variation: the smooth secondary minimum occurs between the times L_p and L_n and the preceding interpretation ("apparent" secondary minimum due to the rather late maximum of the L effect) cannot be retained: one has here a secondary minimum which is negative in relation to the night level, and the probable time of the L_n effect does not precede, but follows this minimum. It has been verified that the smooth variation would not correspond to an SD-event; therefore it seems that it has to be interpreted as L variation.

The occurrence of secondary minimums, out of phase with the time L_n , is always possible at these stations. Rule 6 must then be used, however with all the more caution when the secondary minimum is close to the time of the minimum of the SD variation.

CHAPTER 6

POST-PERTURBATION EFFECT AND ZERO-LEVEL.

The post-perturbation effect is a non-K-variation (cf. chap. 1.3.3), and two questions arise concerning it. On the one hand, from what moment does the post-perturbation effect begin after a storm? On the other hand, what is the importance of its identification on other days? The latter question will lead us to deal with the problem of the zero-level, whose importance is quite great for the identification of S_R .

6.1. - THE POST-PERTURBATION EFFECT.

Figure 78 gives the reproduction of H-records at Tamanrasset for two consecutive days. At the beginning of the first record, the main maximum of the S_R of H distinctly appears. Then a storm begins; it is rather complex since there are two sudden commencements: 13h31 and 18h29 (they are reported in the list in Bulletins 12). The first phase (positive effect) seems to be non-existent but the main phase (negative effect) is clear; negative K-variations, produced by SD-events, are superposed on it.

The dot- and dash-line is a smoothing of the record, which tends to represent

(1) Such peculiarities would probably be reinforced by a specific property of the L variation. A comparison of individual records shows that, on certain days, the effect due to L exists at different longitudes (from 5 to 6 hours, for instance) with an equivalent amplitude. But, on other days, it is smaller at one longitude than at another, and, on yet other days, it is present at one longitude, and entirely absent at another. It is as if the L effect were rather short in duration; this fact which remains to be explained would perhaps be the cause of the great variability of the L variation. Finally, in the case of figure 76, it is possible that the L effect is stronger about the hour L_p than about the hour L_n .

ce que serait la phase principale de l'orage. Le fait essentiel qui apparaît est alors le suivant: la variation causée est d'abord nettement curviligne; puis elle devient une dérive positive rectilinéaire à partir de 11h à 12h le 5 février⁽¹⁾; elle est déjà peut-être telle durant les 5 ou 6 heures qui précèdent mais des mouvements complexes lui sont encore superposés.

Il apparaît donc que, dans un tel cas, on peut distinguer deux stades dans la seconde partie de la phase principale de l'orage: 1/ un stade de variation curviligne, où, par conséquent, la croissance du champ est assez rapide, 2/ un stade de variation rectilinéaire, où la croissance du champ est assez lente.

Une telle distinction est évidemment arbitraire et ne pourra pas toujours être discernée clairement. Cependant, nous proposons d'établir la détermination "approximative" du commencement de l'effet de post-perturbation à partir du critère suivant. Un lissage mental de l'enregistrement ayant été effectué, le commencement de l'effet de post-perturbation (moment à partir duquel, par conséquent, la variation observée est considérée comme étant une variation-non-K) correspond au moment où l'on passe d'un stade de variation rapide du champ plutôt curviligne, à un stade de variation relativement lente et rectilinéaire du champ.

Ainsi, dans l'exemple précédent, à partir de 13h10, le 4 février, les mesures peuvent être faites sans aucune élimination de variation-non-K. Ce serait à partir de 10h, le 5 février, que la dérive positive rectilinéaire doit être éliminée des mesures comme étant une variation-non-K. Sur la fin du second enregistrement, la variation positive plus rapide qui apparaît est causée par le S_R du jour suivant. Il n'y a pas de raison que l'effet de post-perturbation s'arrête brusquement à 1h ou 2h le 6 février. Mais le lissage de la courbe l'élimine en même temps que le S_R .

Une telle définition du commencement de l'effet de post-perturbation doit être prise en un sens très large. Dans les intervalles douteux, il faut donner la préférence à une interprétation par une variation K plutôt que par une variation-non-K.

L'exemple que nous avons donné représente une situation relativement claire; il ne faudrait en aucune manière considérer qu'elle se présente nécessairement à chaque orage. Ainsi, si nous revenons aux figures 34a et 34b, la situation est moins claire bien que la dépression causée par la phase principale soit plus grande et que, par ailleurs, cet orage corresponde à une activité pratiquement 2 fois plus grande selon les valeurs de A_p . En effet, dans ce cas, aucune dérive rectilinéaire n'apparaît dans la fin de la phase principale; cependant, à Guam, par exemple, la croissance du champ est nette entre 4 et 6h le 26/9, et 4 et 6h le 27/9⁽²⁾. Malgré ce fait, dans les tracés en tirets proposés sur les figures 35a et 35b (relatives aux mêmes enregistrements), nous n'avons figuré aucun effet de post-perturbation là où il nous a semblé qu'aucune interprétation n'était possible (tracés horizontaux). C'est seulement aux heures où le S_R semblait pouvoir être plus ou moins interprété que le niveau choisi pour son début est

(1) Notons qu le S_R de H semble avoir complètement disparu le jour consécutif à l'orage. Ceci est une nouvelle illustration de ce qui a été mentionné au chapitre 3.3. à propos de la règle 3.

(2) La dépression du champ dans la nuit du 26 au 27 septembre est sans doute entièrement due à un événement-SD.

what would be the main phase of the storm. The essential fact which appears is then the following: the variation produced is first distinctly curvilinear; but, between 11h and 12h on the 5th February, it becomes a rectilinear positive drift⁽¹⁾; it is probably already so during the 5 or 6 hours which precede, but complex movements are still superposed on it.

Therefore it appears that, in such a case, one can distinguish two stages in the second part of the main storm phase: 1/ a stage of curvilinear variation, where consequently the recovery of the field is rather rapid, 2/ a stage of rectilinear variation, where the recovery is much slower.

Such a distinction is obviously an arbitrary one, and cannot always be clearly discerned. However, we propose to establish an "approximate" determination of the beginning of the post-perturbation effect from the following criterion. When a mental smoothing of the record has been carried out, the beginning of the post-perturbation effect (a moment from which, consequently, the variation observed is considered as being a non-K-variation) corresponds to the moment where the rapid and rather curvilinear recovery of the field becomes a relatively slow and rectilinear one.

Thus, in the preceding example, from 13h30 on the 4th February, the measurements can be made without any elimination of non-K-variation; from about 10h on the 5th February, the positive drift should be eliminated as being a non-K-variation. Near the end of the second record, the positive variation which appears is produced by the S_R of the following day. But part of it is due also to the post-perturbation effect since, very probably, it continues after 1h to 2h on the 6th February. Then the smoothing of the record eliminates it together with the S_R .

Such a definition of the commencement of the post-perturbation effect must be taken in a very wide sense. In doubtful intervals, the preference must be given to an interpretation as a K-variation rather than as a non-K-variation.

The example given represents a relatively clear situation; the observer should not consider that it is like this after each storm. Thus, if we return to fig. 34a and 34b, the situation is less clear although the depression caused by the main phase is larger and, moreover, the activity corresponding to this storm is approximately twice as large according to the values of A_p . Indeed, in this case, no rectilinear drift appears in the tail of the main phase; however, at Guam for instance, the field is less depressed at 4h to 6h on 27/9 than at 4h to 6h on 26/9⁽²⁾. Nevertheless, when drawing dashed-lines to interpret the non-K-variations on fig. 35a and 35b (relative to the same records), we have represented no post-perturbation effect where we have judged that no interpretation was possible (horizontal dashed-lines). It is only at times during which the S_R could be more or less interpreted that the level chosen for its beginning is usually lower than the level chosen for its end; such choices therefore include a certain

(1) Note that the S_R of H seems to have completely disappeared on the day following the storm. This is a new illustration of what has been mentioned in chapter 3, 3 about rule 3.

(2) The field depression during the night of the 26th to the 27th September is probably entirely due to an SD-event.

ordinairement plus bas que le niveau choisi pour sa fin, ce qui inclut donc une certaine élimination d'un effet de post-perturbation.

La comparaison de cet autre exemple avec celui de la figure 78 montre donc l'attitude extrêmement souple que l'observateur doit avoir vis-à-vis de l'effet de post-perturbation immédiatement consécutif à un orage.

Finalement, les situations telles que celle de la figure 78 sont peut-être plus rares que celle de la figure 35. Le principal intérêt d'une connaissance de ce phénomène de l'effet de post-perturbation nous semble plutôt être dans son incidence sur la détermination du niveau-zéro.

6.2. - LE NIVEAU-ZÉRO.

Une utilisation de la description globale de la variation S_R , faite au chapitre 4, repose en grande partie sur la possibilité d'une détermination du niveau-zéro de cette variation; en effet, pour savoir si tel ou tel mouvement régulier de la courbe est positif ou négatif sur H, Est ou Ouest sur D, et, par conséquent, obtenir une idée de la forme générale de la variation S_R en un jour donné, il est indispensable de situer ce niveau-zéro.

Notons d'abord qu'à cet égard l'utilisation d'une règle transparente est extrêmement utile. Lorsqu'une telle règle est placée sur l'enregistrement en ajustant l'un de ses bords sur le niveau plus ou moins constant de la courbe pendant chacune des nuits environnantes, la variation S_R peut être visualisée beaucoup plus aisément en ses différents éléments et l'interprétation en est facilitée.

Nous indiquerons d'abord de manière plus précise en quoi consiste ce niveau-zéro, puis nous donnerons quelques indications pratiques, relatives surtout à la composante H.

6.2.1. - Détermination du niveau-zéro.

Nous avons donné au chapitre précédent (§ 5.1 et 5.2) les éléments de la détermination du niveau-zéro pour les observatoires de haute latitude; nous précisons ici ce qu'il en est pour les observatoires de l'extérieur de la zone aurorale.

Son principe est le suivant: l'identification d'un niveau nocturne constant pendant quelques heures calmes (lorsqu'il existe) permet de supposer qu'il est dû à une absence de toute variation transitoire plutôt qu'à l'existence d'un système de courants causant une variation transitoire constante⁽¹⁾.

Ce fait peut être en général vérifié sur la composante D lorsque l'angle entre méridien magnétique au sol et méridien géomagnétique (champ du dipôle) est faible⁽²⁾.

En effet, les niveaux constants observés suivent approximativement la variation séculaire de mois en mois et d'année en année. Ceci semble bien être le

(1) cf. à ce point de vue, l'exposé de A. T. Price et G. A. Wilkins ((25, p. 74-75)),

(2) Lorsque cet angle devient important, les effets qui seront décrits ci-dessous pour H apparaissent également sur D.

elimination of a post-perturbation effect,

Comparison of this example with that of figure 78 therefore shows the very flexible attitude which the observer must have about the post-perturbation effect immediately following a storm.

Finally, situations such as that of figure 78 are perhaps fewer than that of figure 35. The main interest in a knowledge of this phenomenon is its effect on the determination of the zero-level.

6.2. - THE ZERO-LEVEL.

A use of the global description of the S_R variation, made in chapter 4, rests largely on the possibility of a determination of its zero-level. Indeed, in order to know whether some smooth movement of the curve is positive or negative in H, East or West in D, and, consequently, in order to obtain an idea of the general shape of the S_R variation on a given day, it is essential to locate this zero-level.

Note first that, in this respect, the use of a transparent rule is extremely helpful. When such a rule is placed on the record, by adjusting one of its edges on the more or less constant level of the curve during each of the neighbouring nights, the different elements of the S_R variation may be much more easily visualized, and its interpretation is facilitated.

We shall first specify what the zero-level consists of. Then we shall give practical indications, relative especially to the H component.

6.2.1. - Determination of the zero-level.

We have given in the preceding chapter (§ 5.1 and 5.2) the elements of a determination of the zero-level for high latitude observatories; we shall here specify how this applies to the observatories located outside the auroral zone.

Its principle is the following: the identification of a constant night level during quiet hours (when it exists) permits one to assume that it is due to the absence of any transient variation rather than to the existence of a current system bringing about a constant transient variation⁽¹⁾.

This fact can generally be checked in the D component when the angle between the magnetic meridian at ground level and the geomagnetic (dipole field) meridian is small⁽²⁾.

Indeed, the observed constant levels approximately follow the secular variation from month to month and from year to year. This then seems to be an almost certain

(1) Cf. from this point of view, the remarks of A. T. Price and G. A. Wilkins ((25, p. 74-75)).

(2) When this angle becomes significant, the effects which will be described later for H also appear in D.

signe que les valeurs observées correspondent alors au seul effet du champ magnétique terrestre en l'absence de toute variation transitoire.

Il peut être utile aux observateurs de noter la valeur de tels niveaux constants⁽¹⁾ lorsqu'ils en rencontrent. Lorsque l'interprétation de certaines nuits semble être difficile, la connaissance du niveau-zéro peut aider à déterminer si telle ou telle variation régulière nocturne peut appartenir ou non avec quelque vraisemblance au S_R .

Sur la composante H, l'effet de post-perturbation empêche évidemment d'utiliser le procédé ci-dessus. A cause de l'existence permanente de l'anneau équatorial, un niveau nocturne constant observé correspond le plus souvent à la superposition du champ magnétique terrestre et de l'effet de l'anneau équatorial. Comme l'intensité de l'anneau équatorial peut varier de jour à jour, il n'est plus possible d'observer sur H le parallélisme qui existe en général sur D entre la variation des niveaux constants observés et la variation séculaire.

Cependant une attention portée à la variation jour-à-jour des niveaux nocturnes constants de la composante H peut être extrêmement utile pour reconnaître l'existence de variations-K d'allure régulière.

6.2.2. - Interprétation des niveaux nocturnes constants de la composante H.

Toutes les remarques que nous ferons ici ne sont valables évidemment que pour des longitudes où la variation S_R ne peut exister dans la nuit. Lorsqu'elle existe à des heures plus ou moins nocturnes (effets du système C_P , invasion du système C_M de l'autre hémisphère), elles pourront être adaptées aux parties de la nuit où la variation S_R reste inexistante.

Supposons d'abord qu'en période relativement calme, un niveau véritablement constant puisse être identifié en chacune des nuits environnant le jour considéré. Si ces deux niveaux sont identiques, la probabilité qu'ils représentent un bon niveau-zéro est grande, et ils peuvent servir de base à l'identification (et au lissage) de la variation S_R . Si le second niveau est légèrement supérieur au premier (une croissance de l'ordre de 3 à 8 gammas est souvent observée), il en est de même; et le lissage de l'enregistrement, fait à partir de ces niveaux, correspond à une élimination de ce très faible effet de post-perturbation.

Par contre, si le second niveau est inférieur au premier, ceci est le signe à peu près certain que des variations-K négatives existent. Si, cependant, l'effet négatif observé est faible (de l'ordre de 3 à 8 gammas par exemple) et si aucune variation ne se détache des autres telle qu'elle puisse être identifiée comme étant une variation-K,

(1) Précisons cependant un cas particulier aux longitudes européennes; il peut être aisément transposé pour d'autres longitudes. Sur les premières, en hiver, l'invasion cause un effet Ouest dans la matinée; d'autre part l'accroissement de l'intensité du système C_M après son passage sur ces longitudes (cf. chap. 5.3.1.) cause une durée plus longue du maximum Ouest principal. Il en résulte que souvent, en des nuits très calmes d'hiver, on a l'apparence dans la nuit non pas d'un niveau constant mais d'un maximum Est. Or, lorsqu'on mesure le niveau où culmine ce maximum Est nocturne, on peut constater qu'il est approximativement constant et suit la variation séculaire; le sommet du maximum Est nocturne représente donc le niveau-zéro.

sign that the observed values correspond solely to the effect of the terrestrial magnetic field with the absence of any transient variation.

It may be useful to observers to note the values of such constant levels⁽¹⁾ when they encounter them. When the interpretation of certain nights seems to be difficult, a knowledge of the zero-level may help to determine whether a nocturnal smooth variation can belong with some probability to the S_R , or not.

In the H component, the post-perturbation effect evidently prevents one using the procedure described above. Because of the permanent existence of the equatorial ring current, a nocturnal constant level corresponds in general to the superposition of the terrestrial magnetic field and of the effect of the ring current. Since the intensity of the ring current may vary from day to day, it becomes impossible to observe in H the parallelism which generally exists in the D component between the variation of the constant levels observed, and the secular variation.

However paying attention to the day-to-day variation of the nocturnal constant levels of the H component can be very useful for recognizing the existence of smooth K-variations.

6.2.2. - Interpretation of the nocturnal constant levels of the H component.

All remarks made here are evidently valid only for longitudes where the S_R variation do not exist at night. When it exists at some nocturnal hours (effects of the C_P system, invasion by the C_M system of the other hemisphere), they can be adapted to parts of the night where the S_R variation does not exist.

Let us suppose first that, in a relatively quiet period, a truly constant level can be identified on each one of the nights enclosing the day considered. If these two levels are identical, there is great probability that they represent a good zero-level, and they can be taken as a basis for the identification (and the smoothing) of the S_R variation. If the second level is slightly higher than the first (an increase of about 3 to 8 gammas is often observed), the outcome is the same, and the smoothing of the record, made from these levels, corresponds to an elimination of this very small post-perturbation effect.

On the contrary, if the second level is lower than the first, this is an almost certain sign that negative K-variations exist. If however the negative effect observed is small (about 3 to 8 gammas, for instance), and if no variation stands out from others in such a way that it can be identified as being a K-variation, a smoothing similar to the

(1) Let us specify however a case particular to European longitudes; it can be easily transposed for other longitudes. In the former, in winter, the invasion produces a West effect in the morning; moreover the increase in intensity of the C_M system after crossing these longitudes (cf. chap. 5.3.1) produces a longer duration of the main West maximum. Consequently, on very quiet winter nights, one can often have the semblance of an East maximum instead of a constant level. Now, when the level of this night maximum is measured, one can check that it is approximately constant and follows the secular variation; therefore the top of the nocturnal East maximum represents the zero-level.

on pourra encore effectuer un lissage analogue au précédent. L'erreur ainsi commise est négligeable, et il est préférable, par ce procédé, de la répartir sur les 24 heures.

Ces premières remarques étaient relatives à des jours calmes. Le plus souvent, en période d'agitation moyenne ou même en des jours relativement calmes, à supposer que l'on place une règle transparente sur l'enregistrement, on observera dans la nuit de faibles variations au lieu d'un niveau constant. Variations négatives d'allure régulière correspondant à des événements-SD ou "oscillations lentes" (cf. chap. 3.1 ou 3.2) en sont la cause. En ce cas, il reste extrêmement utile, d'apprécier grossièrement si la variation des niveaux moyens est positive ou négative. Deux situations peuvent se présenter.

Ou bien, après avoir placé la règle transparente sur l'enregistrement, on constate qu'il est possible d'établir une certaine continuité, d'une nuit à l'autre, entre les niveaux de la courbe vers 0 à 4h (ce sont sans doute les heures où le niveau de la courbe est le plus significatif d'un niveau-zéro); de plus, la pente de la règle est nulle ou légèrement positive, mais des éléments nocturnes de la courbe apparaissent négatifs par rapport au niveau ainsi déterminé. Ceci est le signe à peu près certain de la présence de variations-K. Il y a là un procédé assez efficace pour reconnaître l'existence de ces dernières. Si les variations observées sont d'allure très régulières, la règle 7 devra être utilisée.

Ou bien, aucun élément nocturne de la courbe n'apparaît tel qu'il soit plus ou moins représentatif d'un niveau-zéro. L'agitation est alors déjà relativement grande, et l'identification du S_R beaucoup moins utile. Si les niveaux moyens de chaque nuit sont à peu près équivalents, le S_R probable pourra être imaginé à partir de ces niveaux moyens. Si celui de la seconde nuit est nettement inférieur à celui de la première et que cependant aucune variation négative brusque n'indique la raison de cette dépression du champ, il devient beaucoup plus difficile de situer le niveau du début et de la fin du S_R ; la meilleure attitude est alors de chercher à réduire le plus possible l'interprétation du S_R en utilisant la règle 4.

Notons enfin, et ceci spécialement pour les latitudes inférieures aux latitudes moyennes, que des discontinuités assez brusques peuvent être observées; elles sont le plus souvent négatives, mais parfois positives.

Lorsqu'elles se produisent pendant les heures de jours et sont très claires, (c'est-à-dire que la courbe est morphologiquement calme de part et d'autre), il sera tout à fait légitime d'introduire une discontinuité équivalente dans le tracé du S_R ; en effet, si l'on cherchait à assurer la continuité du S_R de part et d'autre de cette variation brusque, il pourrait se faire qu'une partie de cette variation brusque soit reportée sur un intervalle tri-horaire auquel elle n'appartient pas. Il nous semble cependant qu'une prudence très grande doit être gardée avant de retenir une telle interprétation; autrement dit, l'aspect morphologique de la courbe doit être très calme de part et d'autre de la discontinuité.

Pendant les heures de nuit, de telles discontinuités seront ordinairement plus aisées à identifier. En de tels cas, de chaque côté de la discontinuité, le niveau-zéro est celui de la courbe.

preceding one should still be carried out. The error thus made is negligible and it is preferable, by this procedure, to distribute it over the 24 hours.

These first remarks were relative to quiet days. Usually, in a period of moderate agitation or even on relatively quiet days, supposing that a transparent rule is placed on the record, small variations will be observed during the night instead of a constant level. Smooth negative variations due to SD-events or "slow oscillations" (cf. chap. 3.1 or 3.2) are the reason. In this case, it is still useful to estimate whether the variation of the mean levels is positive or negative. Two situations may be encountered.

1/ When the transparent rule is placed on the record, one finds that a certain continuity can be established, from one night to another, between the levels of the curve at about 0 to 4h (these hours are probably those during which the level of the curve is most significant for a zero-level); moreover, the slope of the rule is zero or slightly positive, but nocturnal elements of the curve appear negative in relation to the level thus determined. This is almost certain sign that K-variations are present. Such a procedure is quite effective for recognizing the existence of the latter. If the variations observed are very smooth, rule 7 will have to be used.

2/ No nocturnal element of the curve appears to be more or less representative of a zero-level. The agitation is then already relatively intense, and the S_R identification is much less necessary. If the mean levels of each night are nearly the same, the probable S_R can be imagined from these mean levels. If, however, the mean level of the second night is clearly lower than that of the first night and if no sudden negative variation shows the reason for this depression of the field, it becomes much more difficult to determine the level of the beginning and of the end of S_R ; then the best attitude is then to try to reduce as much as possible the interpretation of S_R by using rule 4.

Note finally (especially for latitudes lower than the middle latitudes) that rather sudden discontinuities may be observed; they are usually negative but sometimes positive.

When they occur during the daytime and are very clear (that is to say, the curve is morphologically quiet on either side), it will be quite permissible to introduce an equivalent discontinuity in the drawing of the S_R ; indeed, if one tried to establish the continuity of the S_R through this sudden variation, part of it could be transferred to a three-hourly interval to which it does not belong. However great caution must be observed before retaining such an interpretation; in other words, the morphological aspect of the curve must be very quiet on each side of the discontinuity.

During the night hours, such discontinuities will normally be easier to identify. In such cases, on each side of the discontinuity, the zero-level is that of the curve.

Ces remarques sur le niveau-zéro font apparaître de nouveau combien une interprétation rigoureuse des enregistrements magnétiques est complexe. C'est finalement cette difficulté qui justifie la définition pratique de la mesure de l'indice K, donnée dans la Première Partie (cf. p. 4) : une mesure qui fait abstraction de tout niveau de référence, et qui est uniquement la différence entre les maximum et minimum absolus observés dans chaque intervalle tri-horaire.

CONCLUSION

ELIMINATION DES VARIATIONS-NON-K ET PRECISION DES MESURES.

Dans la Seconde Partie, nous avons cherché à donner une description de la variation S_R de telle sorte que les observateurs aient une connaissance globale de ce phénomène et de sa variabilité. Les tableaux XIV à XIX ont résumé les traits essentiels à retenir. Jointes à la description des variations-K d'allure régulière et aux règles pratiques données pour une discrimination entre variations-K et variations-non-K, ils constituent des éléments objectifs qui répondront en partie aux demandes faites par les observateurs.

Cependant, et ceci est essentiel, ces éléments objectifs doivent être utilisés avec discernement. Il serait vain de croire qu'une identification exacte et certaine des variations-non-K puisse être faite chaque jour. Une très grande souplesse doit être gardée à cet égard; devant chaque enregistrement, l'observateur doit apprécier rapidement, en fonction de son expérience personnelle et des éléments objectifs que nous avons donnés, si les variations-non-K peuvent être identifiées et dans quelle mesure elles doivent être éliminées. La règle 4 indique la méthode à suivre pour les intervalles qui sont intermédiaires entre ceux où les variations-non-K semblent pouvoir être identifiées et ceux où elles sont complètement masquées par l'agitation.

Il apparaît donc que la mesure de l'indice K reste en étroite dépendance d'une appréciation portée par l'observateur. Ceci ne supprime pas la valeur objective des mesures puisque la précision avec laquelle l'identification des variations-non-K a besoin d'être faite varie en sens inverse de l'intensité de l'activité et que la possibilité d'une identification devient de plus en plus grande lorsque cette intensité décroît. La règle 6 a insisté sur le fait que l'observateur ne doit pas se préoccuper du risque de confusion qui existera parfois entre variations-K d'allure régulière et variations-non-K.

Assurément, cette appréciation repose sur un jugement d'ordre morphologique et il est bien connu qu'un dépouillement purement morphologique (l'établissement d'une liste de baies, par exemple) peut conduire à des résultats extrêmement différents. Des différences existeront donc nécessairement entre les observateurs. Si ceux-ci se tiennent dans les limites d'une prudence raisonnable, nous croyons qu'ordinairement les différences d'interprétation ne devraient pas conduire à des différences supérieures à une unité (elles n'apparaîtront d'ailleurs guère que pour les

These remarks about the zero-level again show how complex is an exact interpretation of the magnetic records. It is finally this difficulty which justifies the practical definition of the measurement of the K index given in the First Part (cf. p. 4): a measurement which takes no account of any reference level, and which is nothing but the difference between absolute maximum and minimum observed inside each three-hourly interval.

CONCLUSION

ELIMINATION OF NON-K-VARIATIONS AND PRECISION OF MEASUREMENTS.

In the Second Part, we have tried to give a description of the S_R variation so that observers may have a global knowledge of this phenomenon and of its variability. Tables XIV to XIX have summarized the essential features to remember. When combined with the description of the smooth K-variations and with the practical rules for discrimination between K-variations and non-K-variations, they constitute objective elements which will comply in part with the requests made by observers.

However, and this is essential, these objective elements have to be used with discretion. It would be futile to believe that an exact and certain identification of the non-K-variations can be made each day. A very great flexibility must be kept in this respect; with each record, the observer must estimate quickly, drawing on his personal experience and the objective elements given, whether the non-K-variations may be identified and to what extent they must be eliminated. Rule 4 has pointed out a method for the intervals which are intermediate between those where the non-K-variations seem to lend themselves to an identification and those where they are entirely masked by agitation.

Therefore it appears that the measurements of the K index remain closely dependent on an estimation made by the observer. This fact does not invalidate the objective value of the measurements since the precision with which the identification of the non-K-variations needs to be made varies inversely as the intensity of activity and because the possibility of an identification becomes greater and greater when this intensity decreases. Rule 6 has laid stress on the fact that the observer should not worry about the risk of confusion which may sometimes exist between non-K-variations and very smooth K-variations.

Of course, this estimation rests on a judgement of morphological character and it is well known that a purely morphological reading (for instance, drawing up a list of bays) can lead to extremely different results. Differences will therefore necessarily exist between observers. If observers are reasonably cautious, we believe that, usually, the differences of interpretation should not lead to differences greater than one unit (they will hardly ever appear except for indices ≤ 3). This limit in the precision of the measurements has to be accepted by users of K indices; it must in no way perturb

indices ≤ 3). Cette limite dans la précision des mesures doit être acceptée telle quelle par les utilisateurs des Indices K; elle ne doit en aucune manière inquiéter les observateurs ni compliquer leur travail.

Finalement, et nous ne saurions trop insister sur ce fait en concluant, si l'indice K est une mesure quantitative, il reste plus ou moins souvent une mesure approximative. Les variations transitoires du champ magnétique terrestre constituent un phénomène extrêmement complexe. La mesure de celles d'entre elles qui forment l'activité magnétique irrégulière n'aurait aucune signification si, en particulier, la "variation journalière régulière" S_R n'était pas éliminée. Mais, plus ou moins souvent, étant donnée la complexité des variations transitoires, cette élimination ne peut être faite de manière rigoureuse. Ceci est de peu d'importance.

L'observateur ne doit jamais perdre de vue cette limite de précision de l'indice K lorsqu'il fait des mesures.

.

observer nor complicate their work.

Finally, we cannot over-emphasize the point that, although the K index is a quantitative measurement, it is quite often an approximate measurement. The transient variations of the terrestrial magnetic field are an extremely complex phenomenon. The measure of those of them which make up the irregular magnetic activity would have no significance if, in particular, the "regular daily variation" S_R were not eliminated. But, quite often, because of the complexity of the transient variations, this elimination cannot be made in a rigorous manner. This matters little.

When measuring, the observer must never lose sight of this limited precision of the K index.

.-.-.-.-.

TABLE ANALYTIQUE

système de coordonnées géomagnétiques: champ du dipôle

système de coordonnées E. R. C.: système de coordonnées magnétiques de l'anneau équatorial (p. 49 et fig. 17 et 18)

latitude magnétique: latitude déduite de l'inclinaison magnétique à l'altitude de la couche E de l'ionosphère (fig. 29)

extérieur de la zone aurorale: $\varphi < 58^\circ$ E. R. C. environ

zone aurorale: 58° E. R. C. $< \varphi < 72^\circ$ E. R. C. environ

intérieur de la zone aurorale: $\varphi > 72^\circ - 75^\circ$ E. R. C.

variation "régulière" ou "irrégulière": un premier sens (sens morphologique) de ces termes est relatif à la morphologie de la variation; un second sens (sens temporel) est relatif à la répétition dans le temps de la variation (p. 39)

activité magnétique: variations transitoires du champ magnétique dont l'occurrence est "irrégulière" au sens temporel (p. 38-39 et 43)

catalogue des variations-non-K: (p. 43-45)

variations-K d'allure régulière (p. 54-56 pour la zone aurorale et l'extérieur de la zone aurorale, p. 89 pour l'intérieur de la zone aurorale)

précision des mesures de l'indice K (p. 5, p. 12-13, p. 108-109)

effet de post-perturbation (p. 44-45, p. 103-105)

s. f. e. : crochet magnétique (p. 45)

évènement-SD (p. 51-53)

oscillation lente (p. 53)

électrojet auroral (p. 50)

électrojet équatorial (p. 101-103)

Sq : variation journalière obtenue statistiquement à partir des 5 jours calmes internationaux

Sd : variation journalière obtenue statistiquement à partir des 5 jours perturbés internationaux

SD = Sd - Sq

S_R: "variation journalière régulière" observée en un jour individuel et causée par l'existence permanente de courants circulant principalement dans l'ionosphère; son occurrence est "régulière" au sens temporel (p. 40-43)

L : variation journalière lunaire (p. 44 et 102-103)

niveau-zéro: niveau de référence par rapport auquel le S_R devrait être mesuré dans une étude quantitative du S_R lui-même (p. 50 pour les premières remarques sur cette notion)

C_M: système de courants dont le foyer est aux latitudes moyennes et causant une part de la variation S_R

C_P: système de courants centré dans les régions polaires et causant une autre part de la variation S_R (p. 66 pour la distinction entre ces deux types de systèmes de courants)

latitude moyenne du foyer du système C_M (p. 77, en note)

type P et type E du S_R de H, type Nord et type Sud du S_R de D (p. 67)

ANALYTICAL TABLE

geomagnetic coordinate system: dipole field

E. R. C. coordinate system: system of magnetic coordinates of the equatorial ring current (p. 49 and fig. 17 and 18)

magnetic latitude: latitude obtained from the magnetic inclination at the altitude of the ionospheric E layer (fig. 29)

exterior of the auroral zone: $\varphi < 58^\circ \text{E. R. C.}$

auroral zone: $58^\circ \text{E. R. C.} < \varphi < 72^\circ \text{E. R. C.}$

interior of the auroral zone: $\varphi > 72^\circ - 75^\circ \text{E. R. C.}$

"regular" or "irregular" variation: a first sense (geometrical sense) is relative to the morphology of the variation; a second sense (temporal sense) is relative to the repetition in time of the variation (p. 39)

magnetic activity: transient variations of the magnetic field, whose occurrence is "irregular" in the temporal sense (p. 38-39 and 43)

catalogue of non-K-variations (p. 54-45)

smooth K-variations (p. 54-56 for the auroral zone and the exterior of the auroral zone, p. 89 for the interior of the auroral zone)

precision of the measurements of K-index (p. 5, p. 12-13, p. 108-109)

post-perturbation effect (p. 44-45, p. 103-105)

s. f. e. : solar flare effect (p. 45)

SD-event (p. 51-53)

slow oscillation (p. 53)

auroral electrojet (p. 50)

equatorial electrojet (p. 101-103)

Sq : daily variation statistically obtained from the 5 international quiet days

Sd : daily variation statistically obtained from the 5 international disturbed days

SD = Sd - Sq

S_R : "regular daily variation" observed on an individual day and produced by the permanent existence of currents flowing chiefly in the ionosphere; its occurrence is "regular" in the temporal sense (p. 40-43)

L : lunar daily variation (p. 44 and 102-103)

zero-level: reference level from which the S_R should be measured in a quantitative study of the S_R itself (the first remarks about the zero-level are made on p. 50)

C_M : current system whose focus is located at middle latitudes and bringing about one part of the S_R variation

C_P : current system centred in the polar regions and bringing about another part of the S_R variation (p. 66 for the distinction between these two types of current systems)

mean latitude of the C_M system focus (p. 77, footnote)

P type and E type of the S_R of H, North type and South type of the S_R of D (p. 67)

- "modèles" R , T_h^m , T_l^m , F_h , F_l : formes schématiques que peut prendre le système C_M (p. 67-68)
- types R , T_h^m , T_l^m , F_h , F_l : formes observées sur le S_R de H à la latitude du foyer du système C_M et de part R et d'autre de cette latitude (Tableau XIV, p. 69) et correspondant aux effets des "modèles" précédents; l'effet "méridien magnétique" (p. 74-75) ou un déplacement en latitude du système C_M (p. 76) peuvent, eux aussi, causer des types T
- invasion du système C_M d'un hémisphère dans l'autre hémisphère (p. 69-71 et Tableau XV)
- distorsion du système C_M d'un hémisphère (p. 71-72 et Tableau XV)
- effet "méridien magnétique" (p. 74-75)
- traits essentiels du système C_P (p. 83 et 84-85)
- effets du système C_P sur la zone aurorale et à l'extérieur (Tableau XIX, p. 88)
- effets du système C_P à l'intérieur de la zone aurorale (p. 89-90)
- interprétation du niveau-zéro: intérieur de la zone aurorale (p. 92-93), zone aurorale (p. 94), extérieur de la zone aurorale (p. 105-107).
- variation S_R masquée par l'agitation: règles 2 et 4 pour toutes les latitudes, règle 5 pour l'extérieur de la zone aurorale lorsque l'identification du S_R est incertaine mais que son élimination semble encore utile
- variation S_R en l'absence d'agitation: règle 6 pour toutes les latitudes (cependant à l'intérieur de la zone aurorale, prendre garde à l'existence de SD possible - voir p. 89 -), règles 3 et 7 pour les latitudes inférieures à la latitude moyenne du foyer du système C_M
- cas-frontière: (p. 10-11)
- enregistrements incomplets (p. 12)
- la composante D peut-elle être négligée, aux basses latitudes, dans la mesure de l'indice K ? (p. 80-81)

"models" $R, T_h^m, T_l^m, F_h, F_l$: idealized shapes of the C_M system (p. 67-68)

types $R, T_h^m, T_l^m, F_h, F_l$: shapes observed in the S_R of H at the mean latitude of the focus or on each side of this latitude (Table XIV, p. 69) and corresponding to the effects of the preceding "models"; however the "magnetic meridian" effect (p. 74-75) or a latitude shift of the C_M system (p. 76) can also produce T types

invasion of the C_M system of one hemisphere into the other hemisphere (p. 69-71 and Table XV)

distortion of the C_M system of one hemisphere (p. 71-72 and Table XV)

"magnetic meridian" effect (p. 74-75)

main features of the C_P system (p. 83 and 84-85)

effects of the system C_P on the auroral zone and at the exterior of the auroral zone (Table XIX, p. 88)

effects of the C_P system in the interior of the auroral zone (p. 89-90)

interpretation of the zero-level: interior of the auroral zone (p. 92-93), auroral zone (p. 94), exterior of the auroral zone (p. 105-107)

S_R variation masked by agitation: rule 2 and 4 for all latitudes; rule 5 for the exterior of the auroral zone when the S_R identification is uncertain but when its elimination cannot be neglected

S_R variation in the absence of agitation: rule 6 for all latitudes (however, in the interior of the auroral zone, pay attention to the SD variation - see p. 89 -), rules 3 and 7 for latitudes lower than the mean latitude of the C_M system focus

border-case (p. 10-11)

incomplete records (p. 12)

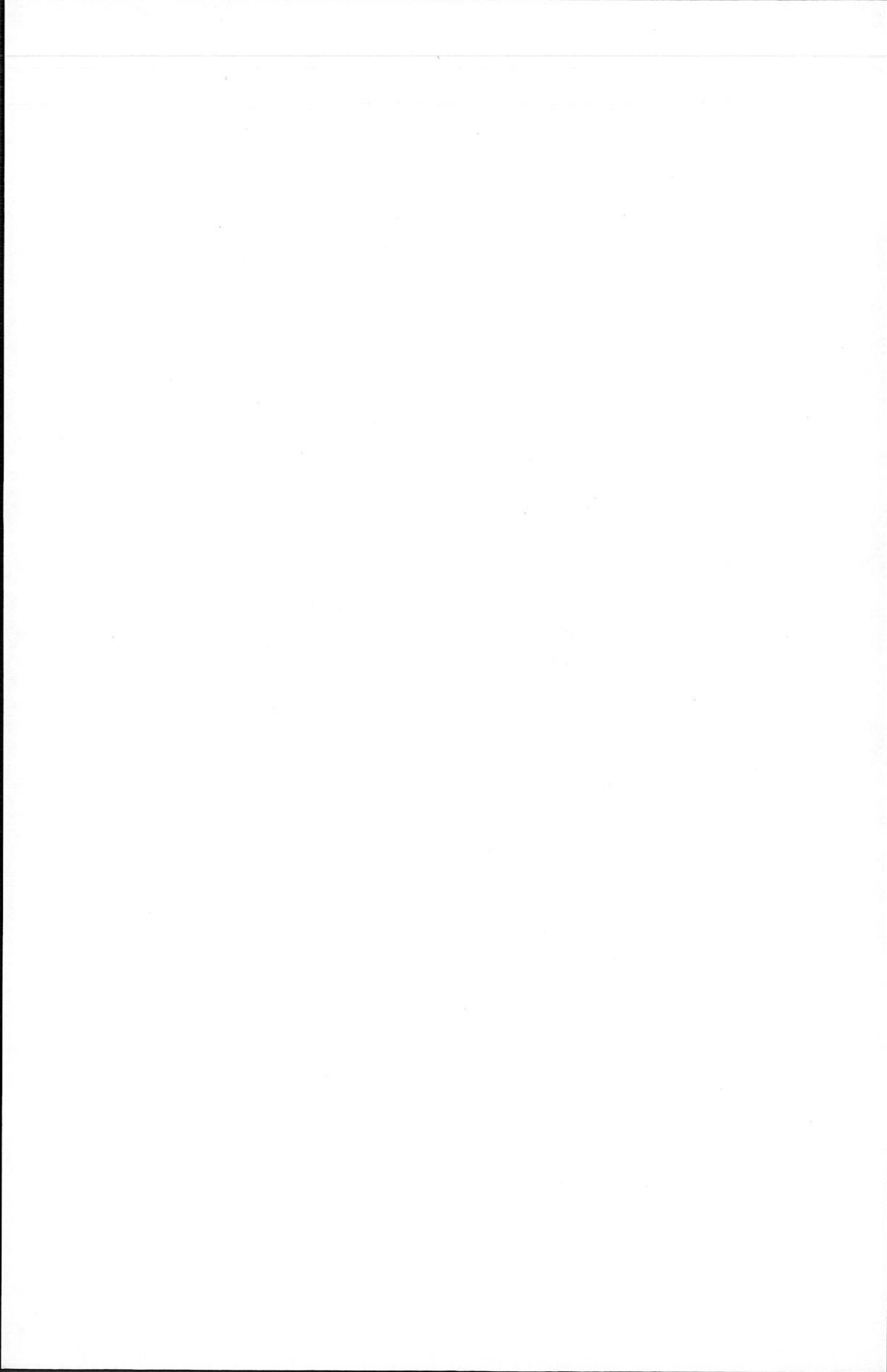
may the D component be neglected, at low latitudes, in the measurements of K-index ? (p. 80-81)

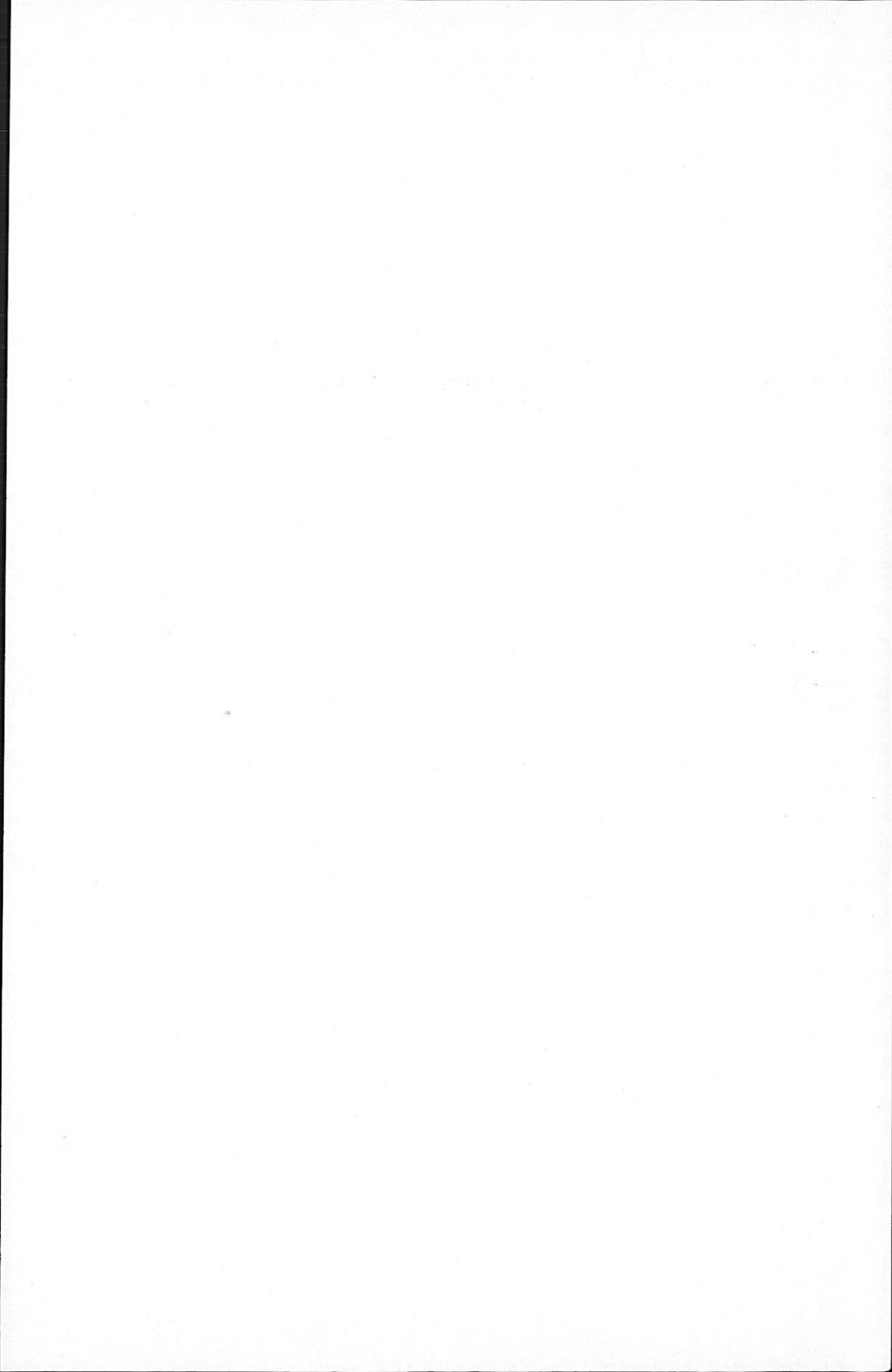
Références

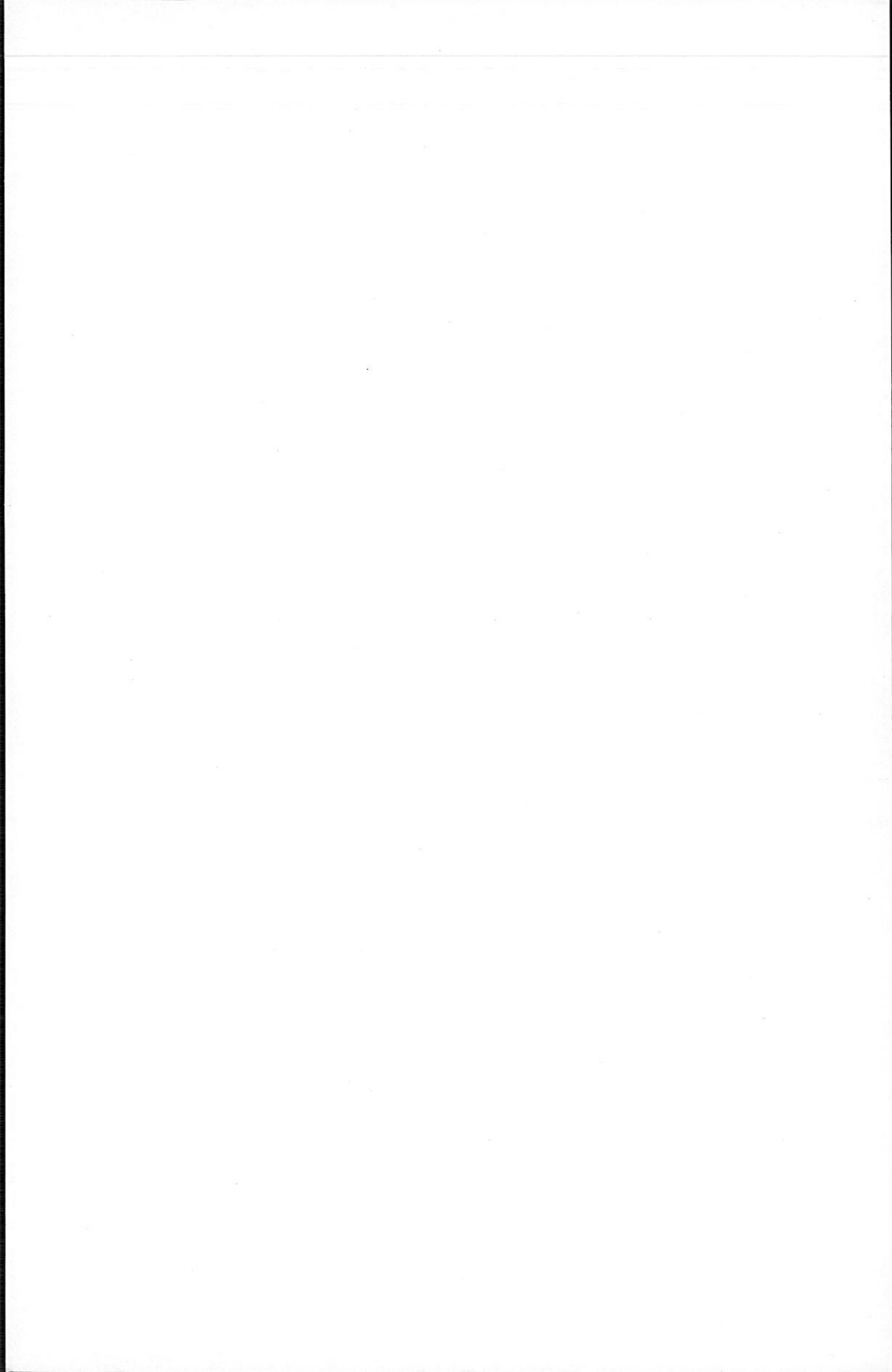
- (1) J. BARTELS, N. H. HECK et H. F. JOHNSTON, "The three-hour-range index measuring geomagnetic activity", *Terr. Mag.* 44 (1939) p. 411-454.
- (2) J. BARTELS, "Directions for measuring K-indices", *Ann. I. G. Y.*, Vol. IV, p. 215-220.
- (3) Transactions of Washington Assembly, I. A. T. M. E. Bulletin 11, p. 550.
- (4) I. A. G. A. Bulletin 12 l, p. 270.
- (5) P. N. MAYAUD, "On the measures of K-indices", I. A. G. A. Bulletin 12 l, p. 271-281.
- (6) J. BARTELS, I. A. G. A. Committee 9, Tri-Annual Report to the Berkeley Assembly.
- (7) M. SUGIURA, "Hourly values of equatorial Dst for the I. G. Y.", *Ann. I. G. Y.*, vol. XXXV, p. 9-61.
- (8) A. LEBEAU, "Sur l'activité magnétique diurne dans les calottes polaires", *Ann. Géoph.* 21 (1965), p. 167-218.
- (9) I. A. G. A. Bulletin 12 d.
- (10) R. SCHLICH, *Publ. Franç. de l'A. G. I.*, Série III, fasc. 1 (1960) Magnétisme Terrestre, "Etude des observations réalisées à la station Charcot".
- (11) J. BARTELS, "Discussion of time-variations of geomagnetic activity, indices Kp and Ap, 1932-1961", *Ann. Géoph.* 19 (1963), p. 1-20.
- (12) J. BARTELS, "The standardized index Ks, and the planetary index Kp", I. A. T. M. E. Bulletin 12 b, p. 97-120, ou I. A. G. A. Bulletin 12 i, p. 88-116.
- (13) J. BARTELS, "The geomagnetic measures for the time-variations of the corpuscular radiation, described for use in correlation studies in other geophysical fields", *Ann. I. G. Y.*, vol. IV, p. 227-236.
- (14) J. BARTELS, "An attempt to standardize the daily international magnetic character-figure", I. A. G. A. Bulletin 12 e, p. 109-137.
- (15) P. N. MAYAUD, "Activité magnétique dans les régions polaires", *Exp. Pol. Franç.*, Terre Adélie 1951-52, *Mag. Terr.*, fasc. 2, Paris 1955.
- (16) P. N. MAYAUD, "Activité magnétique dans les régions polaires", *Ann. Géoph.* 12 (1956), p. 84-101.
- (17) S. CHAPMAN et J. BARTELS, *Geomagnetism*, Oxford 1940.
- (18) G. D. MEAD, "Deformation of the geomagnetic field by the solar wind", *Journ. Geoph. Res.* 69 (1964), p. 1181-1190.
- (19) P. N. MAYAUD, "Principes d'une discrimination entre Sq et SD sur les enregistrements individuels; et description d'un type spécial de perturbation, les oscillations lentes", *Ann. Géoph.* 21 (1965) p. 121-142.

- (20) L. R. ALLDREDGE, "A proposed automatic standard magnetic observatory", Journ. Geoph. Res. 65 (1960), p. 3777-3786.
- (21) J. BARTELS et H. F. JOHNSTON, "Main features of daily magnetic variations at Sitka, Cheltenham, Tucson, San Juan, Honolulu, Huancayo and Watheroo", Terr. Mag. 44 (1939), p. 455-469.
- (22) P. N. MAYAUD, "Un nouveau système de coordonnées magnétiques pour l'étude de la haute atmosphère: les coordonnées de l'anneau équatorial", Ann. Géoph. 16 (1960), p. 270-288.
- (23) P. N. MAYAUD, "Analyse morphologique de la variabilité jour-à-jour de la variation journalière régulière S_R du champ magnétique terrestre.
1. Le système C_P (régions polaires et subpolaires).
2. Le système C_M (régions non-polaires)", Ann. Géoph. 21, p. 369-401.
- (24) M. HASEGAWA, "On the type of the diurnal variations of terrestrial magnetism on quiet days", Proc. Imp. Acad. Tokyo 12 (1936), p. 88-90.
- (25) A. T. PRICE et G. A. WILKINS, "New methods for the analysis of geomagnetic fields, and their application to the Sq field of 1932-3", Phil. Trans. Roy. Soc. Lond., Series A 256 (1963), p. 31-98.
- (26) D. VAN SABBEN, "North-South asymmetry of Sq", Journ. Atm. Terr. Phys. 26 (1964), p. 1187-1196.
- (27) P. N. MAYAUD, "A propos de la contamination de la variation journalière Sq par la variation journalière SD et d'un type spécial de perturbations contribuant au SD d'été", Ann. Géoph. 21 (1965), p. 219-227.
- (28) P. N. MAYAUD, "Electrojet équatorial et activité magnétique", Ann. Géoph. 19 (1963), p. 164-179.
- (29) J. BARTELS et G. FANSELAU, "Geophysikalische Mondtafeln 1850-1975", Abh. Geophys. Inst. Potsdam No. 2 (1938).
- (30) J. BARTELS et H. F. JOHNSTON, "Geomagnetic tides in horizontal intensity at Huancayo", Terr. Mag. 45 (1940), p. 269-308.

.







No. 13	Transactions of the Oslo Meeting, 1948	§ 4.60
No. 14	Transactions of the Brussels Meeting, 1951.	„ 4.60
No. 15	Transactions of the Rome Meeting, 1954.	„ 4.60
No. 15a	Le Noyau Terrestre, Rome 1954	„ 1.30
No. 15b	Problèmes de la Physique de la haute atmosphère, 1954	„ 5.30
No. 16	Transactions of the Toronto Meeting, 1957	„ 5.30
No. 16a	Paléomagnétisme et Variation Séculaire, Toronto 1957	„ 2.00
No. 16b	Aéronomie, Toronto 1957.	„ 5.30
No. 16c	Rapid Magnetic Variations, Utrecht 1959.	„ 4.00
No. 17	Transactions of the Helsinki Meeting, 1960	(In preparation)
No. 18	Geomagnetic Planetary Indices Kp, Ap and Cp, 1932 to 1961	„ 4.00
No. 19	Transactions of the Berkeley Meeting, 1963	(In preparation)
No. 20	List of Geomagnetic Observatories.	„ 2.60
No. 21	Atlas of Indices K, 1. Text, 2. Figures	„ 7.50
Caractère Magnétique Numérique des Jours (from 1 January 1930 to 31 December 1939) and Caractère Magnétique Numé- rique des Jours pendant l'Année Polaire 1932 - 1933 (in complete sets only)		„ 5.60
International Auroral Atlas, published for the IUGG, to be obtained from University Press, Edinburgh, 1963.		45 sh.
IAGA Symposium No. 1, Copenhagen, 1960		§ 8.00
IAGA Symposium No. 2, Berkeley, 1963		„ 5.30

PUBLICATIONS

by the

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF GEOMAGNETISM AND AERONOMY

To be obtained from the IUGG Publication Office,
39 ter, rue Gay - Lussac, Paris (V)

No. 1	Organization, Minutes, and Proceedings of the Brussels Meeting, 1919	Out of print
No. 2	General Report of the Rome Meeting, 1922	Out of print
No. 3	Transactions of the Rome Meeting, 1922	/\$ 2.60
No. 4	General Report of the Madrid Meeting, 1924	Out of print
No. 5	Transactions of the Madrid Meeting, 1924	/\$ 2.60
No. 6	Preliminary Reports on Subjects of Investigation, 1926	Out of print
No. 7	Comptes Rendus de l'Assemblée de Prague, 1927	Out of print
No. 8	Comptes Rendus de l'Assemblée de Stockholm, 1930	/\$ 4.85
No. 9	Comptes Rendus de l'Assemblée de Lisbonne, 1933	" 3.70
No. 10	Transactions of the Edinburgh Meeting, 1936	" 4.60
No. 11	Transactions of the Washington Meeting, 1939	" 4.60
No. 12	Geomagnetic Indices, C and K, 1940-1946	" 4.00
No. 12a	Geomagnetic Indices, C and K, 1947	" 1.30
No. 12b	Geomagnetic Indices, K and C, 1948	Out of print
No. 12c	Geomagnetic Indices, K and C, 1949	" 2.00
No. 12d	Geomagnetic K-Indices, International Polar Year, August 1932 to 1933	Out of print
No. 12e	Geomagnetic Indices, K and C, 1950	" 2.30
No. 12f	Geomagnetic Indices, K and C, 1951	" 2.30
No. 12g	Geomagnetic Indices, K and C, 1952	" 2.30
No. 12h	Geomagnetic Indices, K and C, 1953	" 2.30
No. 12i	Geomagnetic Indices, K and C, 1954	" 2.30
No. 12j	Geomagnetic Indices, K and C, 1955	" 2.30
No. 12k	Geomagnetic Indices, K and C, 1956	" 2.95
No. 12l	Geomagnetic Data, 1957, Indices K and C, Rapid Variations	" 4.00
No. 12m1	Geomagnetic Data, 1958, Indices K and C	" 2.60
No. 12m2	Geomagnetic Data, 1958, Rapid Variations	" 2.60
No. 12n1	Geomagnetic Data, 1959, Indices K and C	" 2.60
No. 12n2	Geomagnetic Data, 1959, Rapid Variations	" 2.60
No. 12o1	Geomagnetic Data, 1960, Indices K and C	" 2.60
No. 12o2	Geomagnetic Data, 1960, Rapid Variations	" 2.60
No. 12p1	Geomagnetic Data, 1961, Indices K and C	" 2.60
No. 12p2	Geomagnetic Data, 1961, Rapid Variations	" 2.60
No. 12q1	Geomagnetic Data, 1962, Indices K and C	" 2.60
No. 12q2	Geomagnetic Data, 1962, Rapid Variations	" 2.60
No. 12r1	Geomagnetic Data, 1963, Indices K and C	" 2.60

I A G A Bulletin No. 21

INTERNATIONAL UNION OF GEODESY AND GEOPHYSICS

ASSOCIATION OF GEOMAGNETISM AND AERONOMY

ATLAS OF INDICES K

2. Figures

by P.N. MAYAUD

Published for the International Council of Scientific Unions with the
financial assistance of Unesco

IUGG PUBLICATION OFFICE, 39 TER, RUE GAY-LUSSAC, PARIS (V)
PRINTED BY KRIPS' REPRINT COMPANY, MEPEL, HOLLAND

1967

IAGA Bulletin No. 21

*W. F. Felzer
au souvenir
de quelques dix années
P. N. Mayaud*

INTERNATIONAL UNION OF GEODESY AND GEOPHYSICS

ASSOCIATION OF GEOMAGNETISM AND AERONOMY

ATLAS OF INDICES K

2. Figures

by P.N. MAYAUD

Published for the International Council of Scientific Unions with the
financial assistance of Unesco

IUGG PUBLICATION OFFICE, 39 TER, RUE GAY-LUSSAC, PARIS (V)
PRINTED BY KRIPS' REPRINT COMPANY, MEPEL, HOLLAND

1967

Unesco subvention - 1966 - AVS/414/22

A V E R T I S S E M E N T

Les pages indiquées en dessous de la légende de chaque figure renvoient aux pages du Volume 1 où la figure est commentée

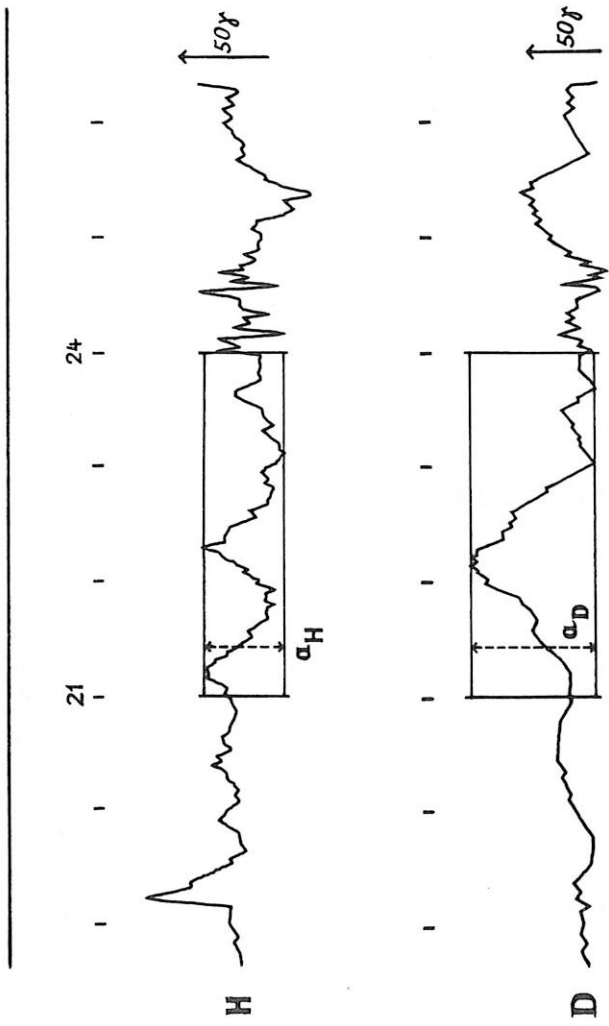
N O T E

Pages indicated below the legend of each figure refer to pages of Volume 1 where the figure is discussed

Je remercie les Directeurs des Observatoires dont des enregistrements sont reproduits dans ce Volume, ainsi que les Editeurs de la "Clarendon Press, Oxford", du "Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics" et des "Philosophical Transactions of the Royal Society of London" pour la permission de reproduire des figures tirées de leurs publications.

I thank the Directors of Observatories whose records are reproduced in this Volume, and the Editors of the Clarendon Press, Oxford, of the Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics and of the Philosophical Transactions of the Royal Society of London for permission to reproduce some illustrations.

N.B.- The quality of the reproductions of the magnetograms is sometimes not quite satisfactory, especially with respect to the time marks; this is a consequence of the various treatments to which the magnetograms were subjected preceding the final printing.



F i g u r e 1

Définition de l'amplitude α en l'absence de variation-non-K.
 Definition of amplitude α when there is no non-k-variation.
 (cf. p.3)

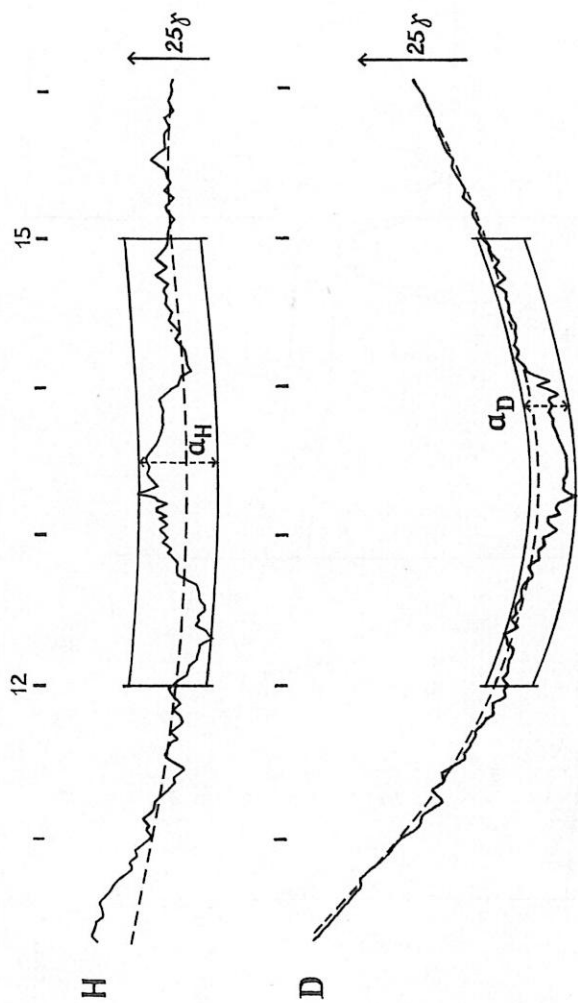
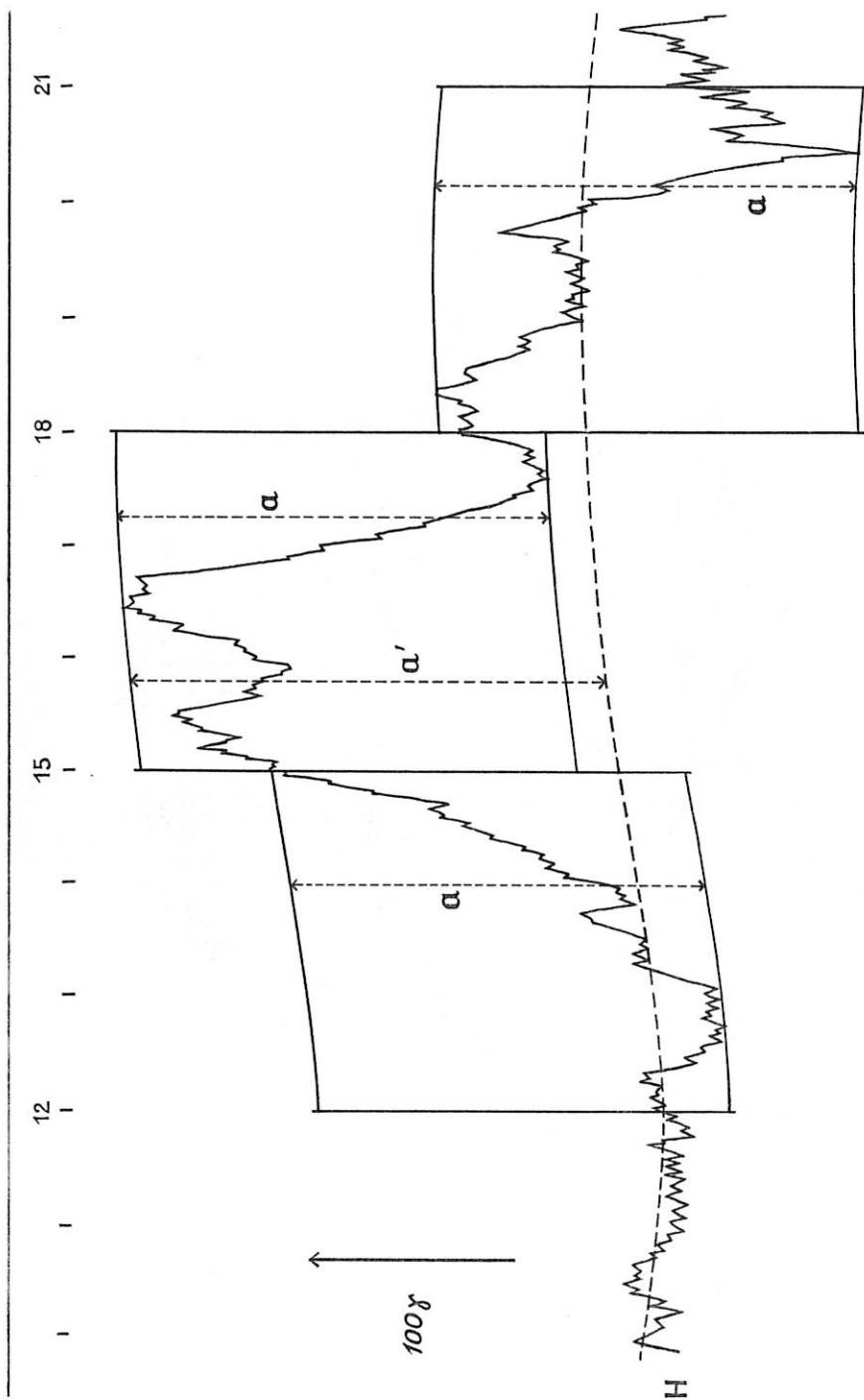


Figure 2
 Définition de l'amplitude a en présence d'une variation-non-K (le trait en tirets représente la variation-non-K identifiée).
 Definition of amplitude a when there is a non-K-variation (the dashed-line represents the identified non-K-variation).
 (cf. p.4)



F i g u r e 3

Une erreur à éviter : dans le second intervalle trihoraire, l'amplitude à mesurer est α et non α' ;
 An error to avoid : in the second three-hourly interval, the amplitude to be measured is α and not α' .
 (cf p. 4)

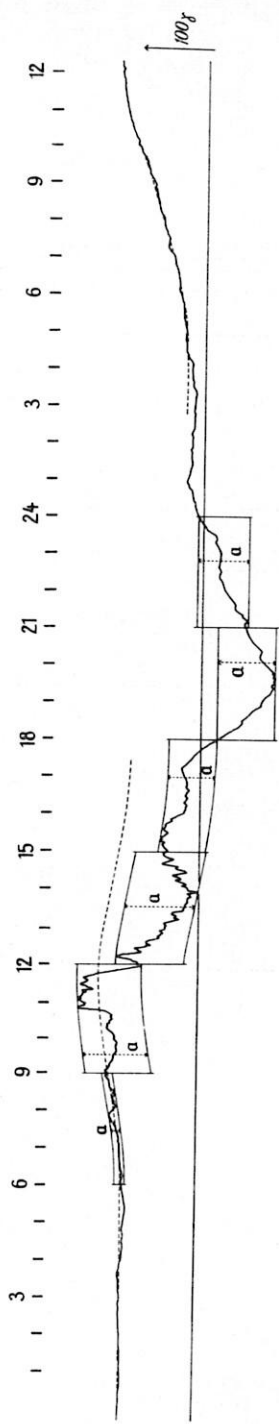
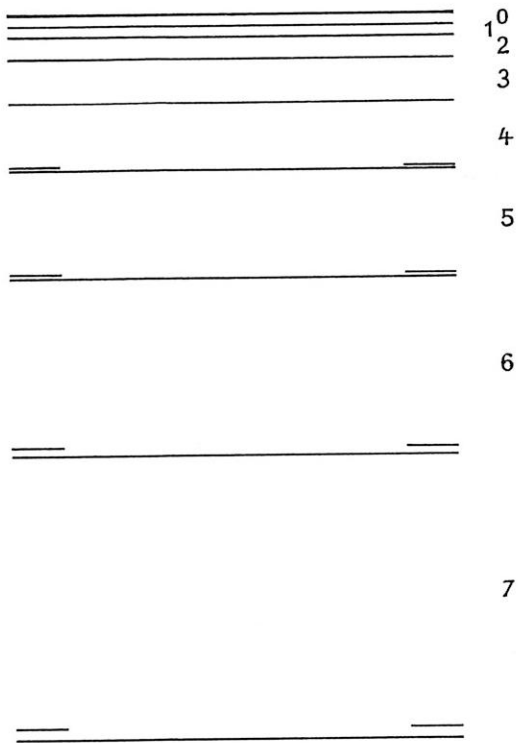


Figure 4

Exemple montrant comment l'indice K est indépendant de tout niveau de référence du champ.
 Example showing how the K index is independent of every reference level of the field.
 (cf. p.4)

┌

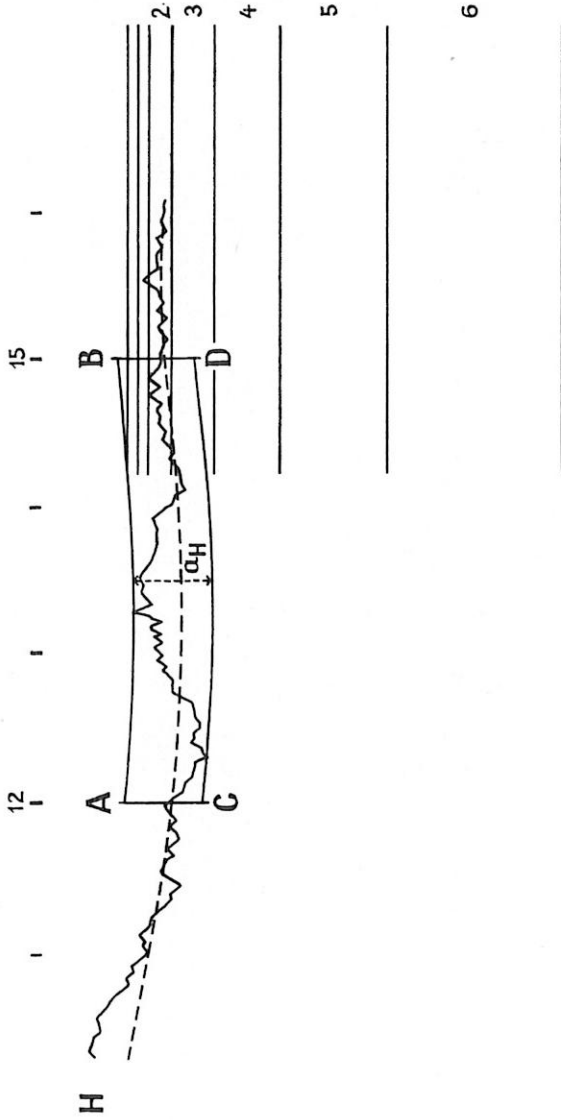
┐



└

┘

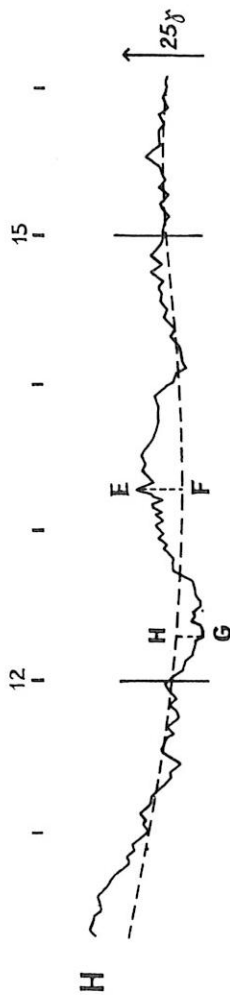
F i g u r e 5
Modèle de grille. Gauge model.
(cf. p.6)



F i g u r e 6

Exemple montrant comment seulement le côté gauche de la grille doit être utilisé dans la mesure de K.
 Example showing how only the left side of the gauge must be used in the measurement of K.

(cf. p.7)



F i g u r e 7

Comment faire la mesure lorsque la variation-non-K est dessinée sur l'enregistrement : ajuster le côté gauche de la ligne-zéro de la grille en E, et ajouter mentalement la quantité HG à la quantité EF.

Procedure for the measurement when the non-K-variation is drawn on the record : adjusting the left side of the zero-line gauge at E, the quantity HG is mentally added to the quantity EF.

(cf. p.8)

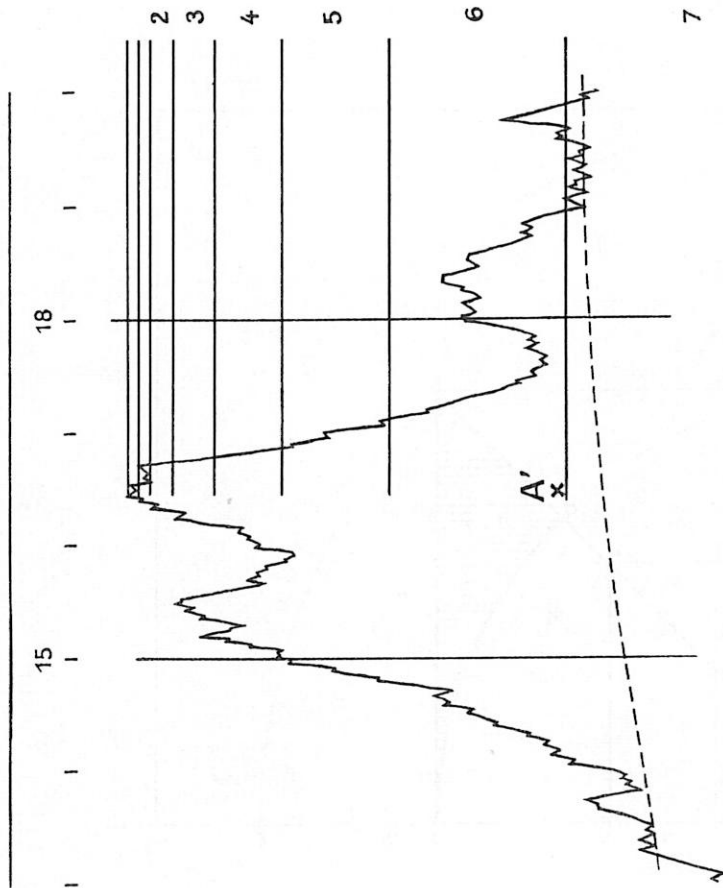


Figure 8

Par une translation parallèle à la variation-non-K, la position du minimum absolu est transférée en A' .
 By a translation parallel to the non-K-variation, the position of absolute minimum is transferred to A' . (cf. p.8)

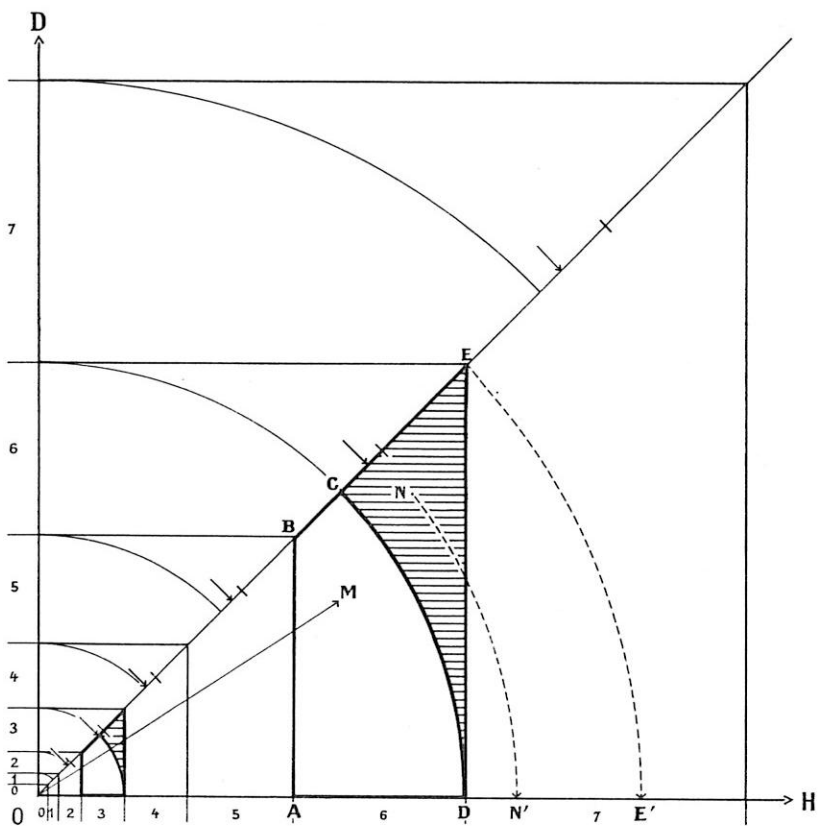


Figure 9
(cf. p. 17-19)

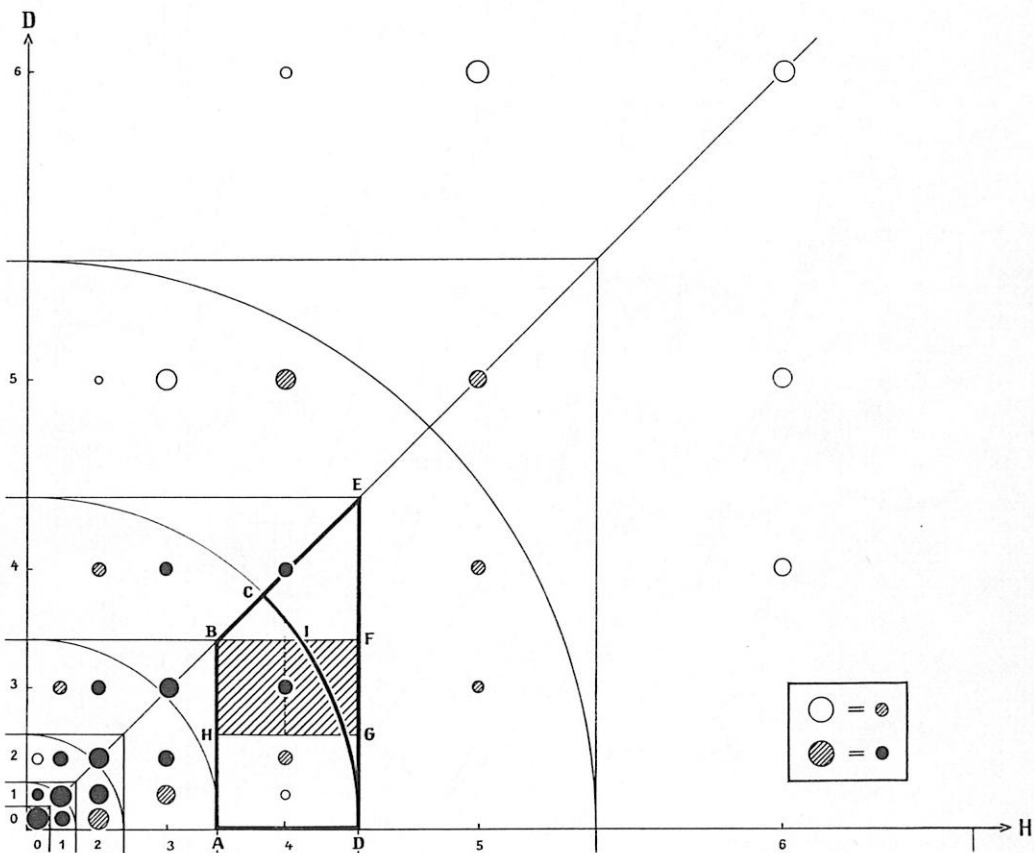


Figure 10
(cf. p.19-20)

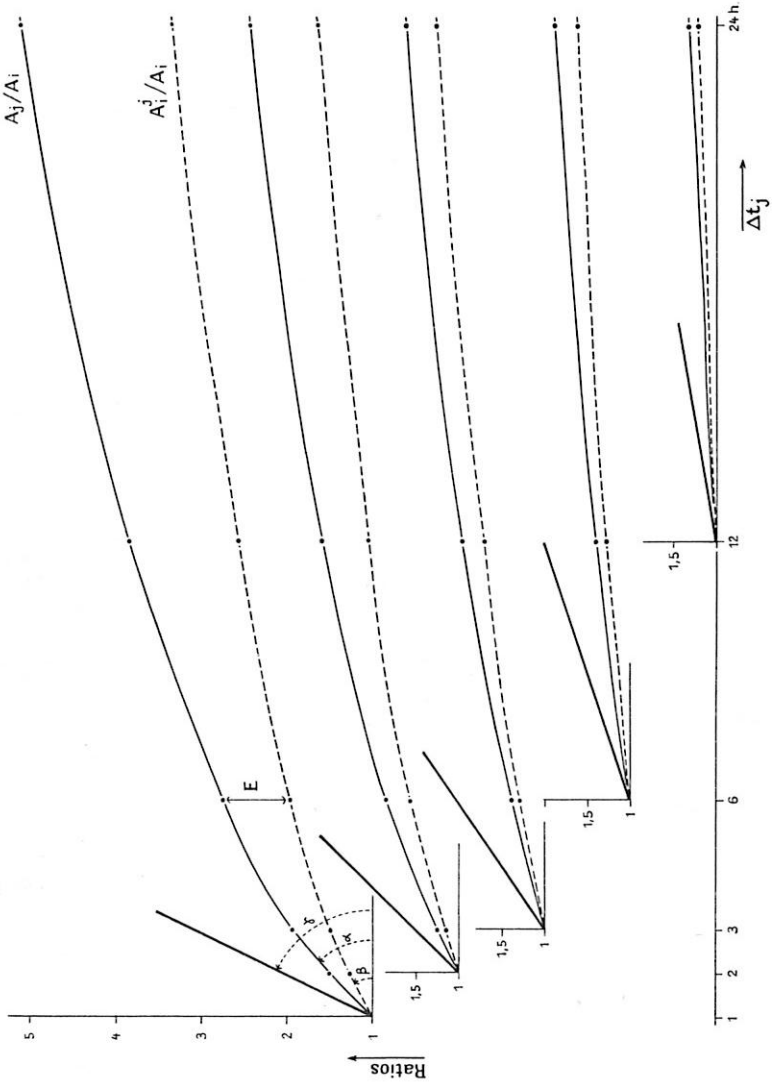


Figure 11
(cf. p.24-26)

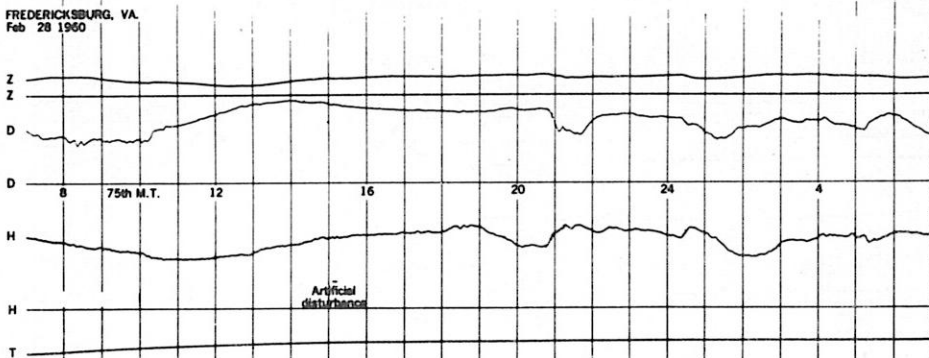
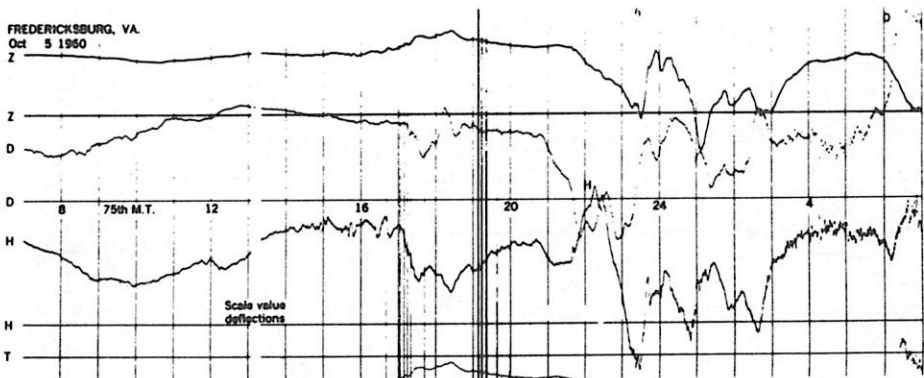
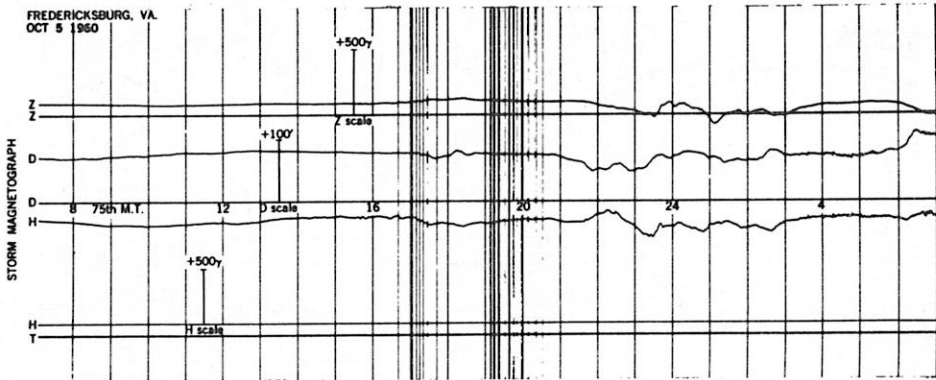


Figure 12
(cf. p.24-25)

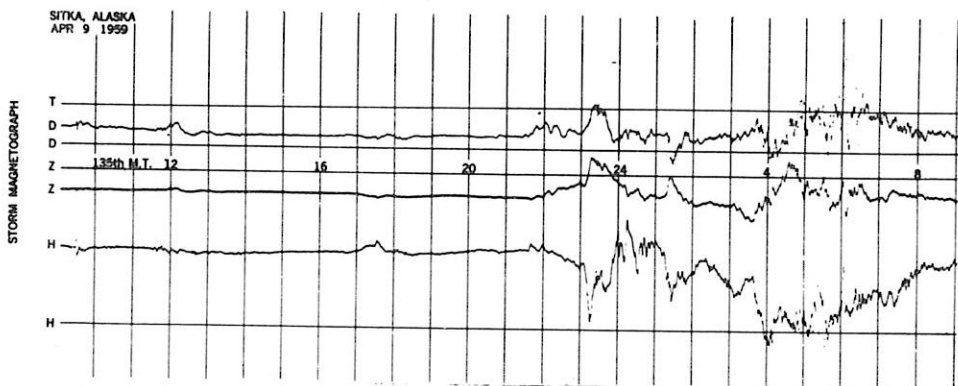
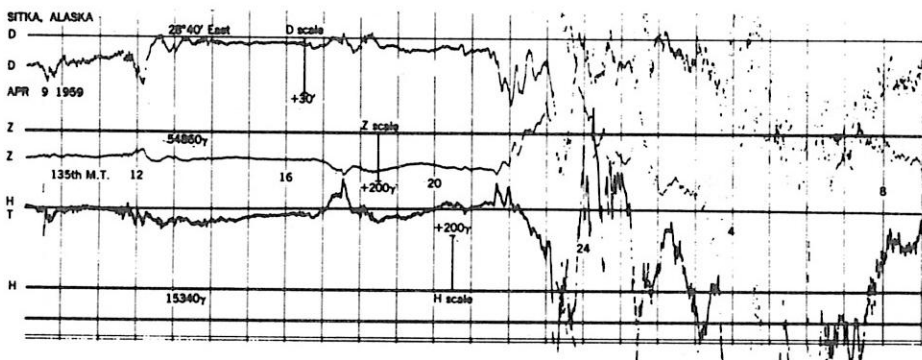
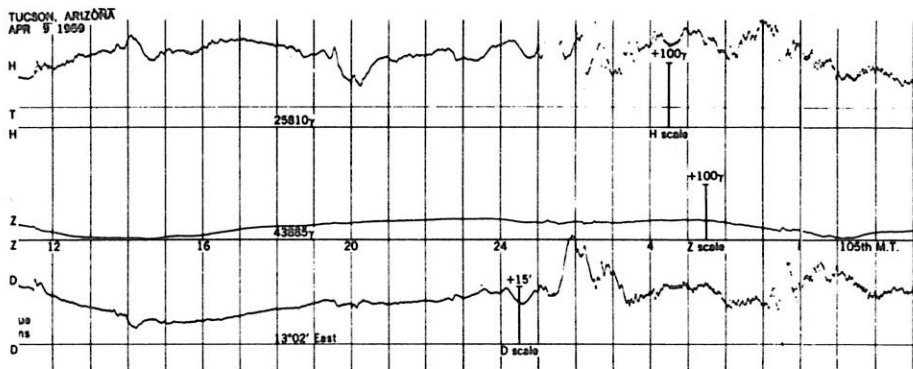


Figure 13
(cf. p.27-28)

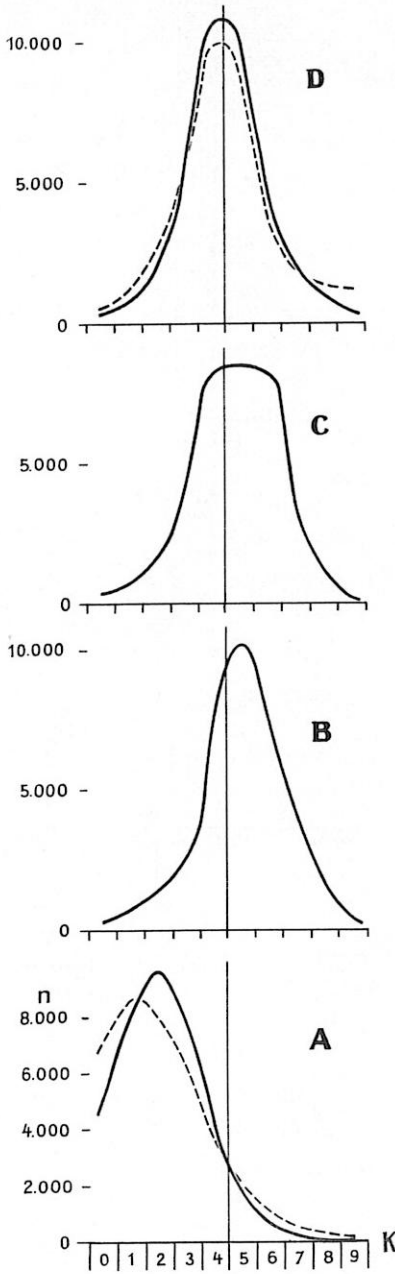


Figure 14
(cf. p.32)

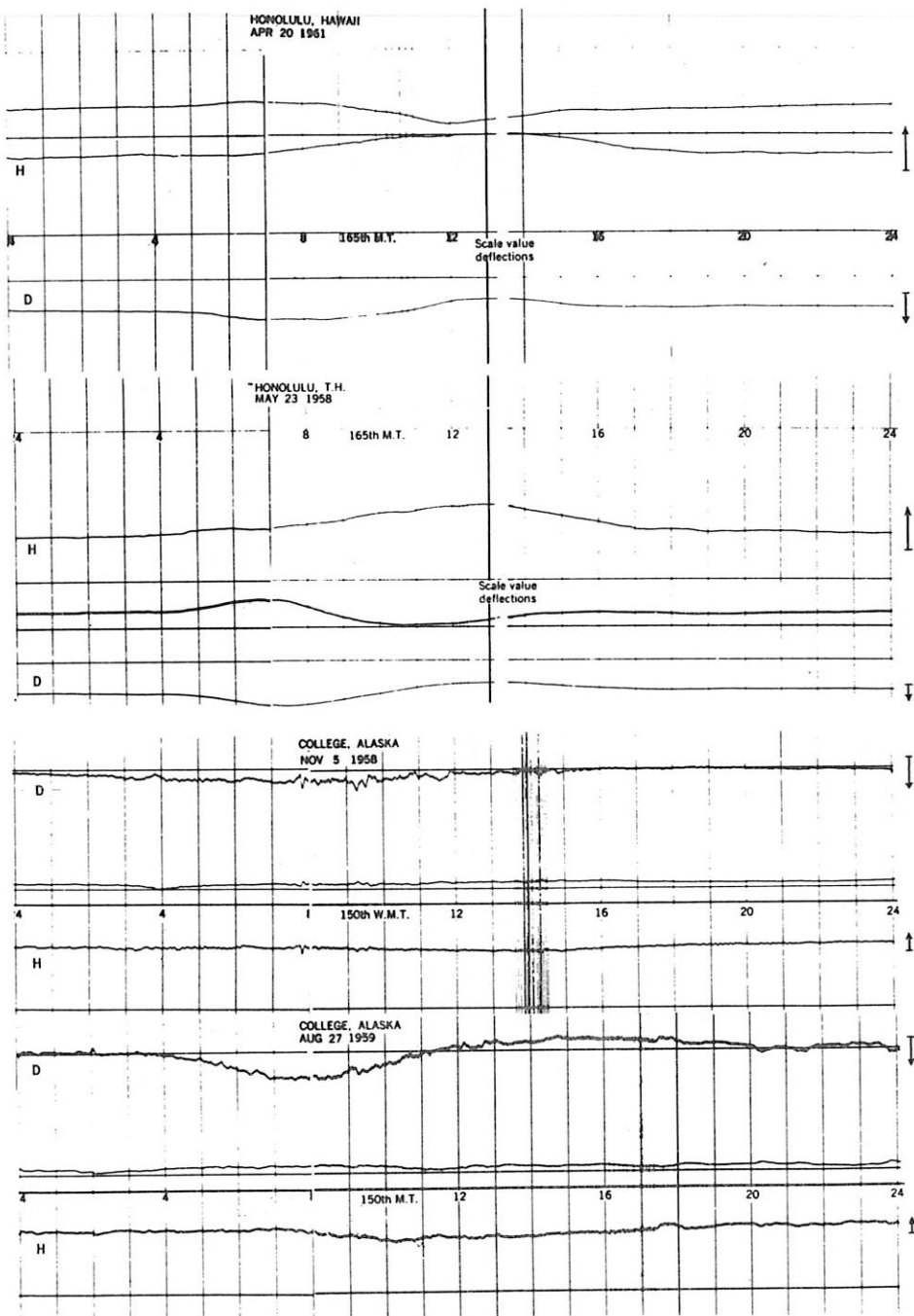
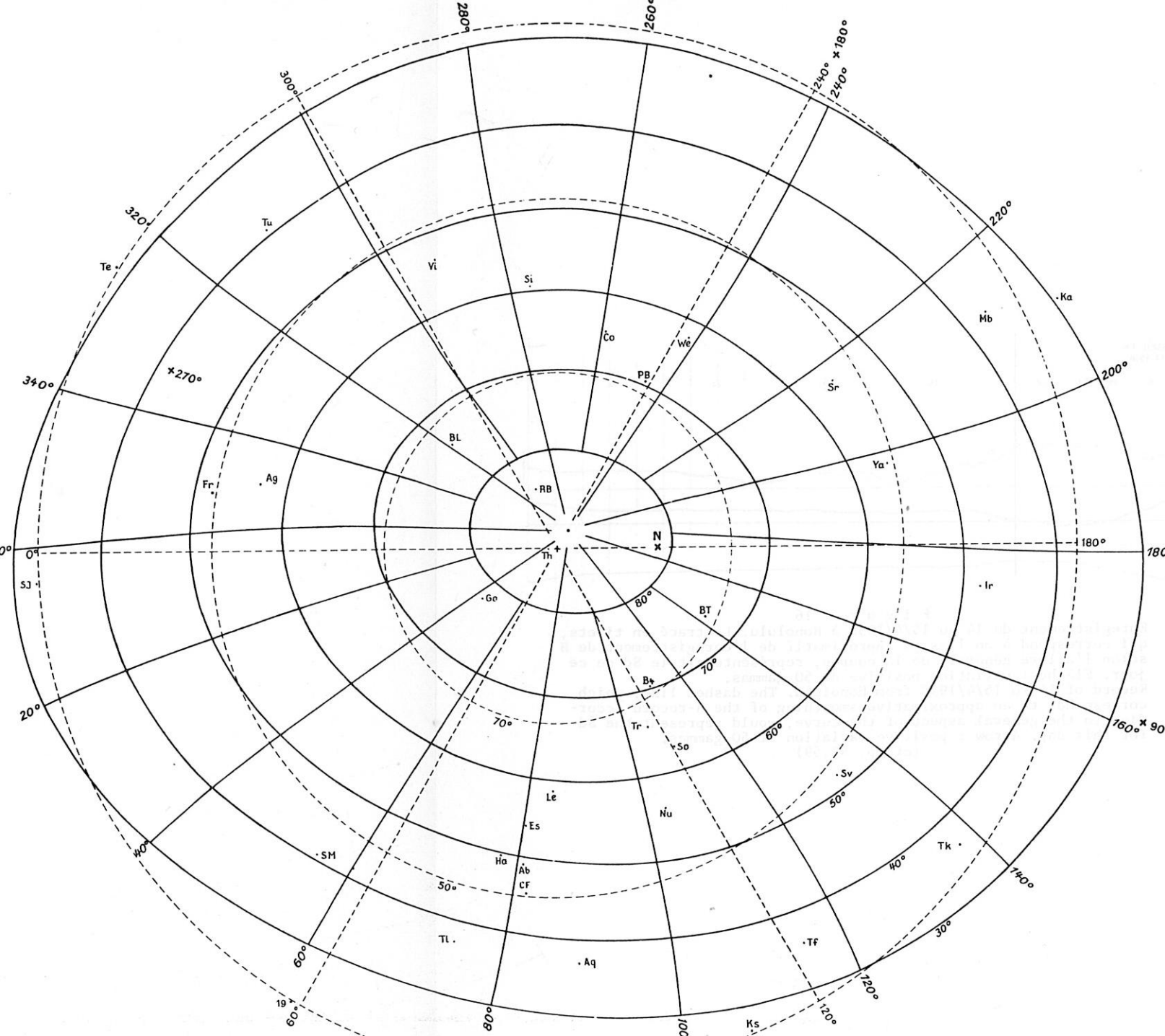
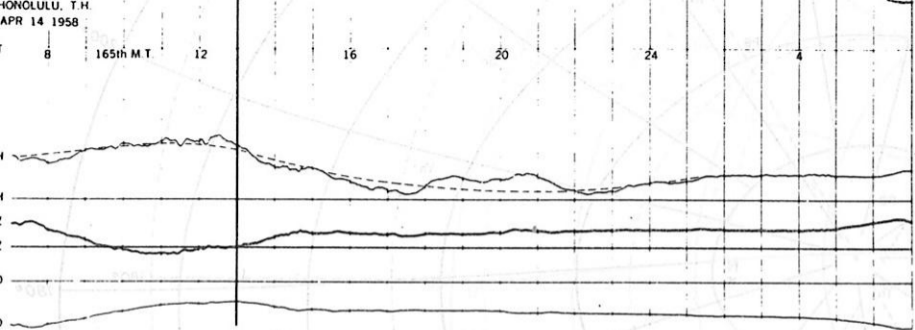


Figure 15

Enregistrements du 20/4/1961 et du 23/5/1958 à Honolulu ; enregistrements du 5/11/1958 et du 27/8/1959 à College. Flèches : variation positive (vers l'Est pour D) de 50 gammas.
Records of 20/4/1961 and 23/5/1958 from Honolulu ; records of 5/11/1958 and 27/8/1959 from College. Arrows : positive variation (eastwards for D) of 50 gammas.

(cf. p. 48-49)



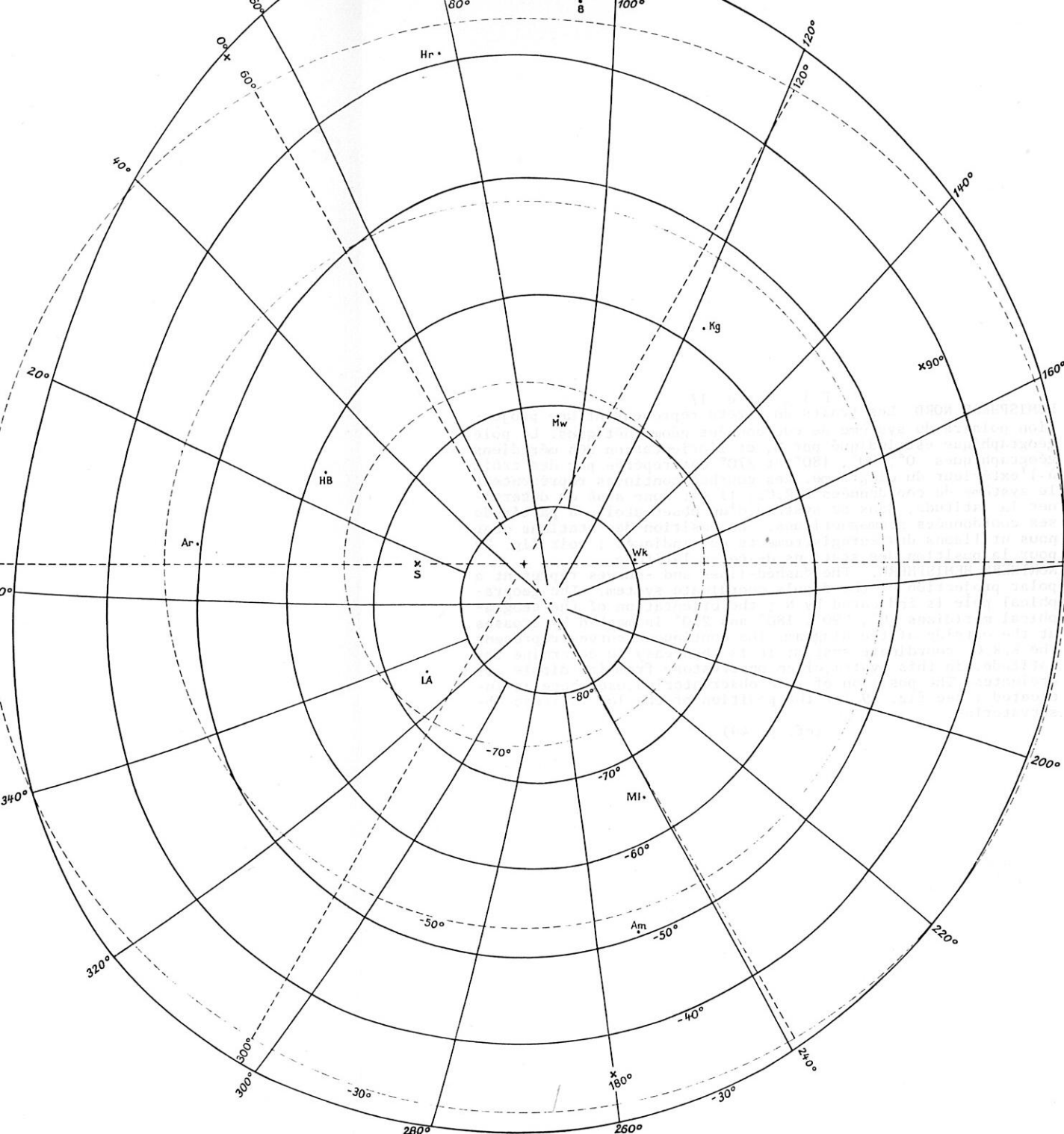


F i g u r e 16

Enregistrement du 14 au 15/4/1958 à Honolulu. Le tracé en tirets, qui correspond à un lissage approximatif de l'enregistrement de H selon l'allure générale de la courbe, représenterait le Sd de ce jour. Flèche : variation positive de 50 gammas.

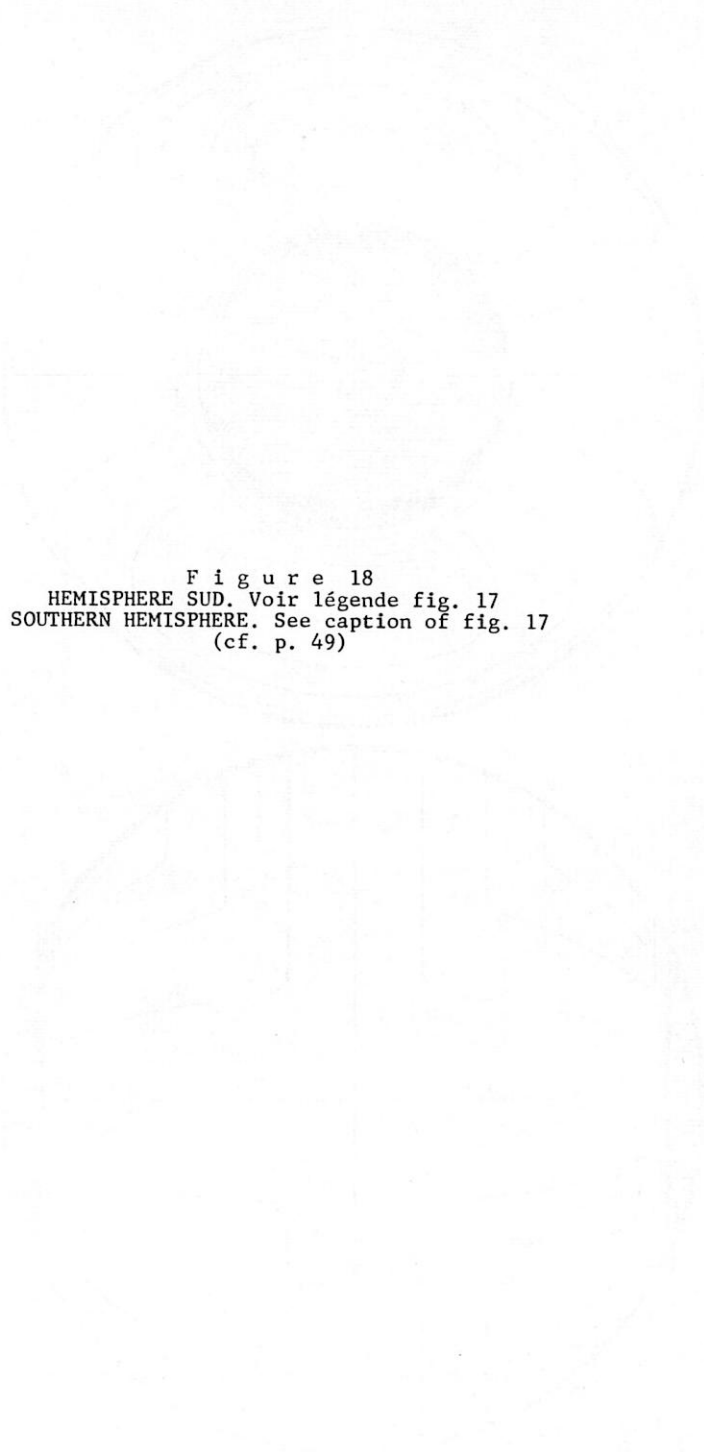
Record of 14 to 15/4/1958 from Honolulu. The dashed line, which corresponds to an approximative smoothing of the H-record according to the general aspect of the curve, would represent the Sd for this day. Arrow : positive variation of 50 gammas.

(cf. p. 49.59)



HEMISPHERE NORD. Les traits en tirets représentent une projection polaire du système de coordonnées géomagnétiques. Le pôle géographique est indiqué par N, et l'orientation des méridiens géographiques 0° , 90° , 180° et 270° est repérée par des croix à l'extérieur du diagramme. Les courbes continues représentent le système de coordonnées E.R.C.; il est donc aisé de déterminer la latitude, dans ce système, d'un observatoire à partir de ses coordonnées géomagnétiques. La position des stations dont nous utilisons des enregistrements est indiquée; voir fig. 29 pour la position des stations de basse latitude.

NORTHERN HEMISPHERE. The dashed-lines and -curves represent a polar projection of the dipole coordinate system. The geographical pole is indicated by N; the orientation of the geographical meridians 0° , 90° , 180° and 270° is marked by crosses at the outside of the diagram. The continuous curves represent the E.R.C. coordinate system; it is then easy to determine the latitude, in this system, of an observatory from its dipole coordinates. The position of some observatories, used here, is indicated; see fig. 29 for the position of the low latitude observatories.

The page contains two faint, circular diagrams of the Southern Hemisphere, one positioned above and one below the central text. Each diagram shows a circular grid of latitude and longitude lines, with the equator and Tropic of Capricorn clearly visible. The diagrams are very light and appear to be bleed-through from another page.

F i g u r e 18
HEMISPHERE SUD. Voir légende fig. 17
SOUTHERN HEMISPHERE. See caption of fig. 17
(cf. p. 49)

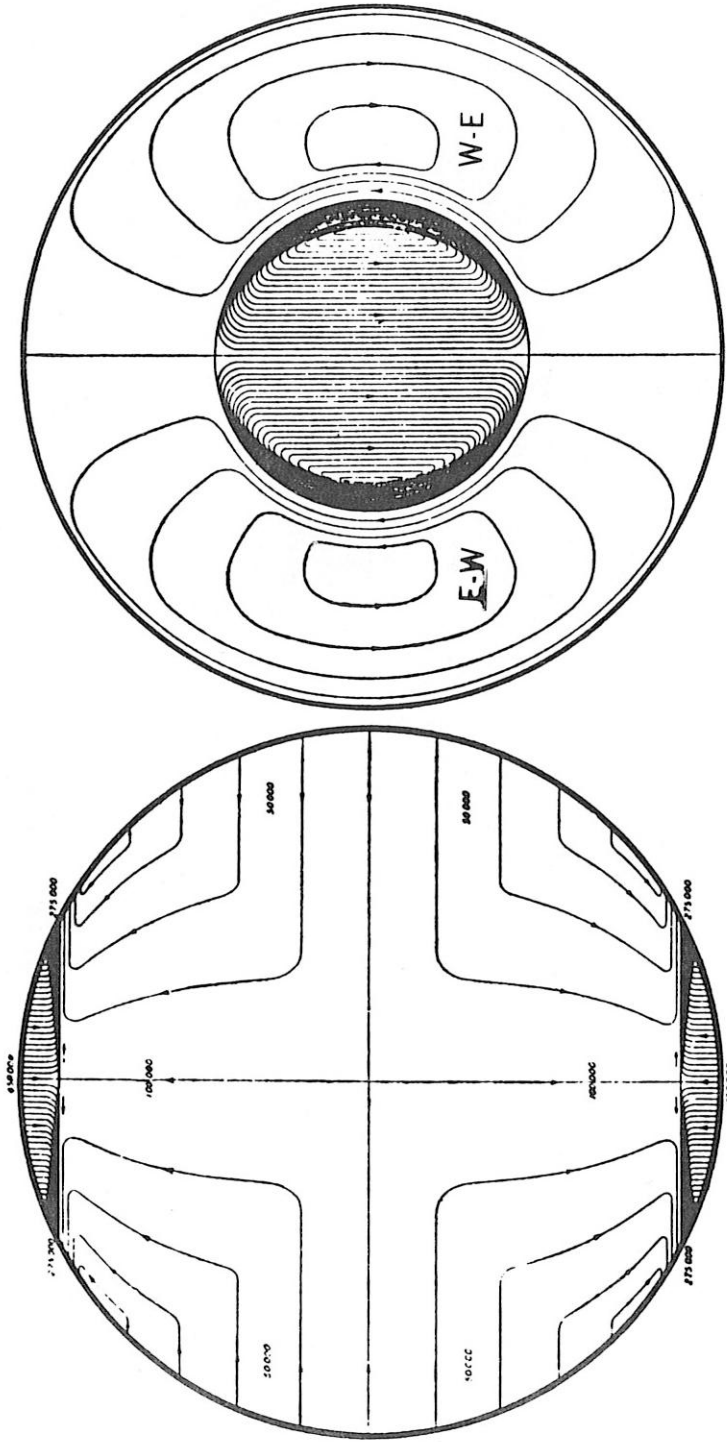
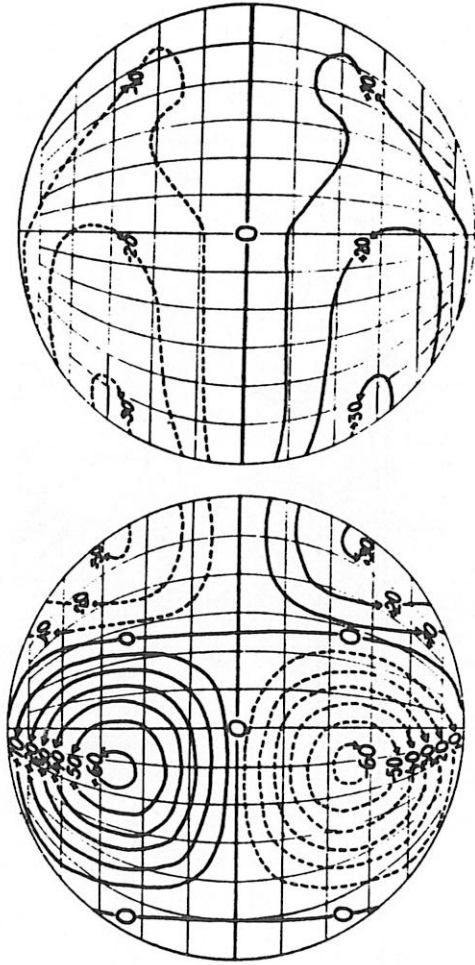


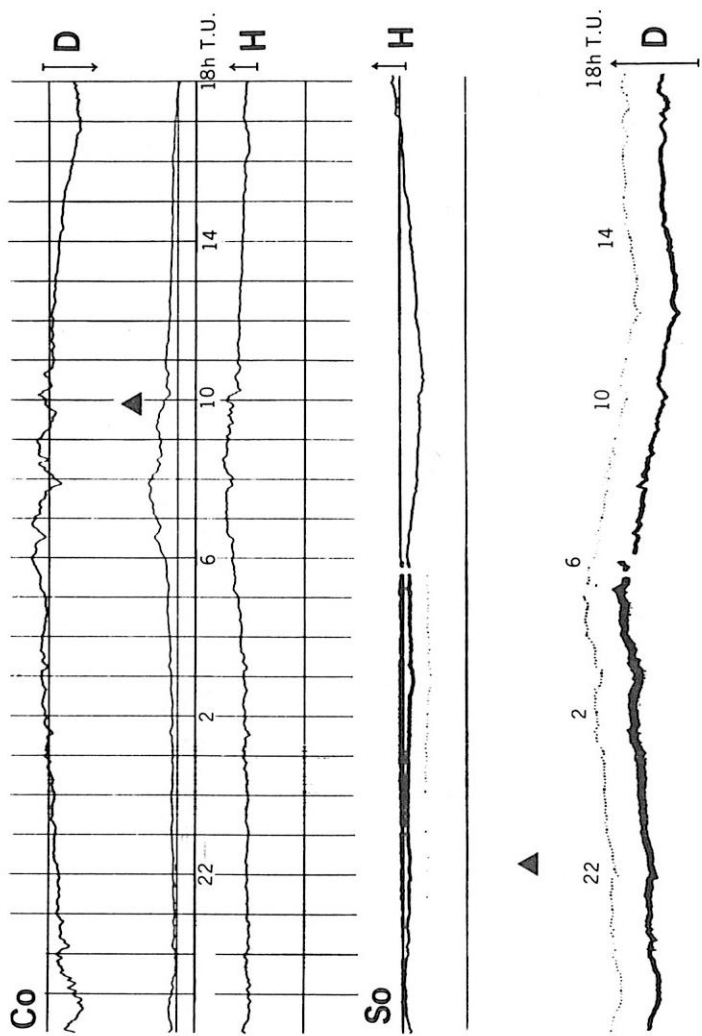
Figure 19

Diagrammes de systèmes de courants SD : hémisphère éclairé vu du Soleil, à gauche ; hémisphère Nord vu du dessus du pôle, à droite (d'après Chapman et Bartels).
 Diagrams of SD current-systems : sunlit hemisphere seen from the Sun, on left ; Northern hemisphere seen from above the pole, on right (after Chapman and Bartels).

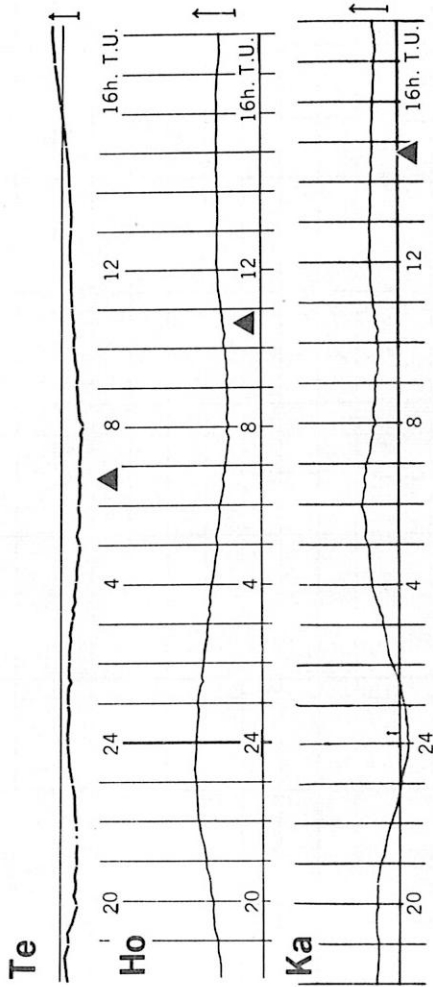
(cf. p. 50)



F i g u r e 20
 Diagrammes de systèmes de courants Sq : côté jour, à gauche ; côté nuit, à droite (d'après Chapman et Bartels).
 Diagrams of Sq current-systems : sunlit side, on left ; night side, on right (after Chapman and Bartels).
 (cf. p. 50)



F i g u r e 21a
 Enregistrements de H et D du 22 au 23/9/1958 à College et So-
 dankylä. Triangles : minuit local. Flèches : variation posi-
 tive (vers l'Est pour D) de 100 gammas.
 H- and D-records of 22 to 23/9/1958 from College and Sodanky-
 lä. Triangles : local midnight. Arrows : positive variation
 (eastwards for D) of 100 gammas.
 (cf. p. 51,52)



F i g u r e 21b
 Enregistrements de H du 22 au 23/9/1958 à Teoloyucan, Honolulu
 et Kakioka. Triangles : minuit local. Flèches : variation po-
 sitive de 50 gammas.
 H-records of 22 to 23/9/1958 from Teoloyucan, Honolulu and Ka-
 kioka. Triangles : local midnight. Arrows : positive variation
 of 50 gammas.

(cf. p. 51,52,56)

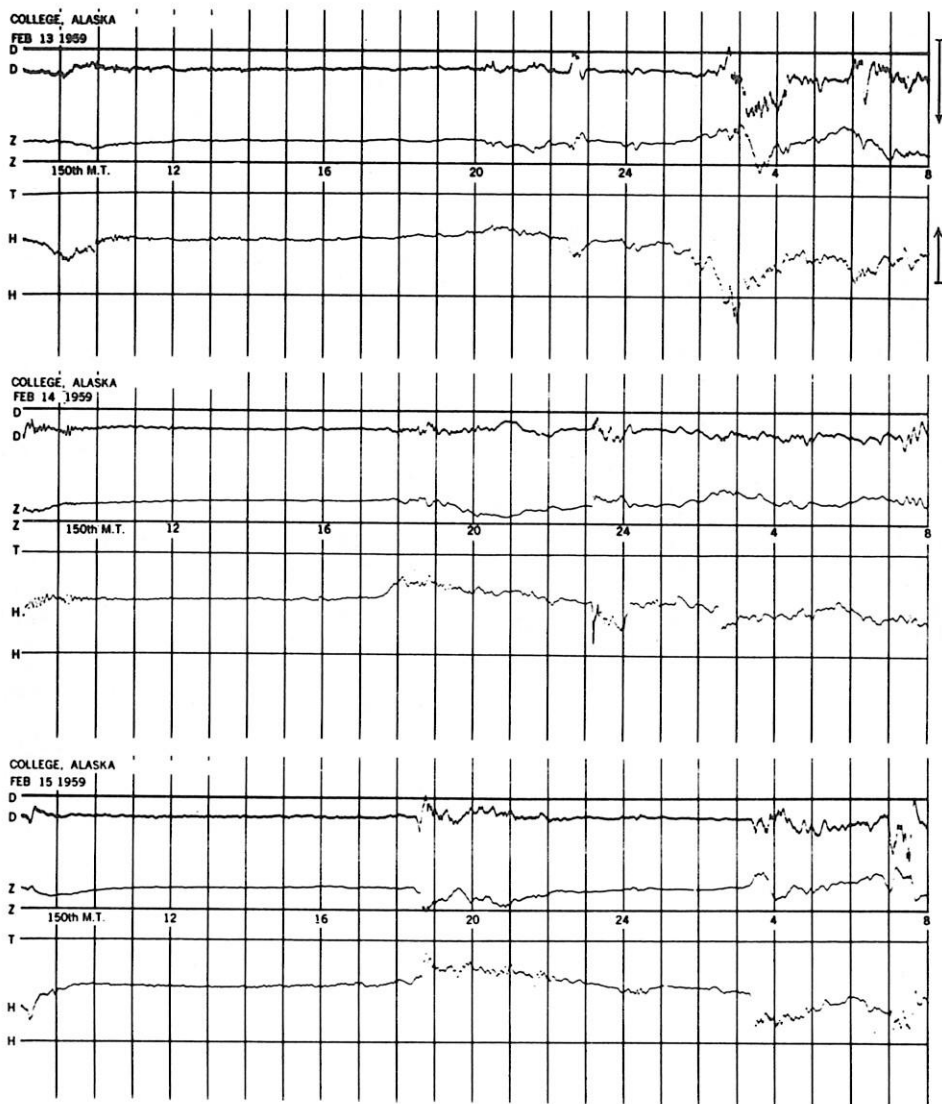


Figure 22
Enregistrements de 3 jours consécutifs à College. Flèches :
variation positive (vers l'Est pour D) de 1000 gammas.
Records of 3 consecutive days from College. Arrows : posi-
tive variation (eastwards for D) of 1000 gammas.
(cf. p. 51)

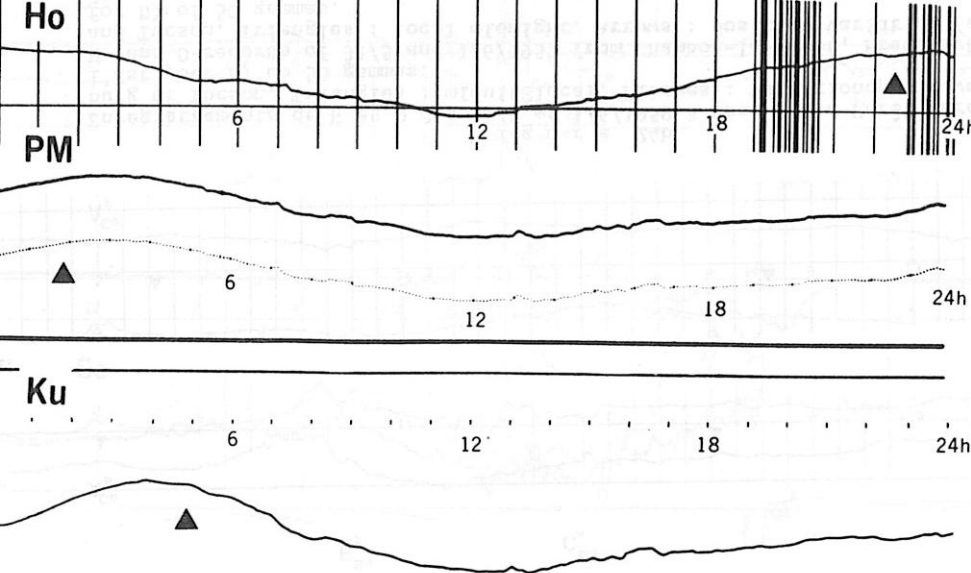


Figure 23

Enregistrements de H du 1/2/1960 à Honolulu, Port Moresby et Kuyper. Triangles : midi local. Flèches : variation positive de 50 gammas.

H-records of 1/2/1960 from Honolulu, Port Moresby and Kuyper. Triangles : local noon. Arrows : positive variation of 50 gammas.

(cf. p. 51.56)

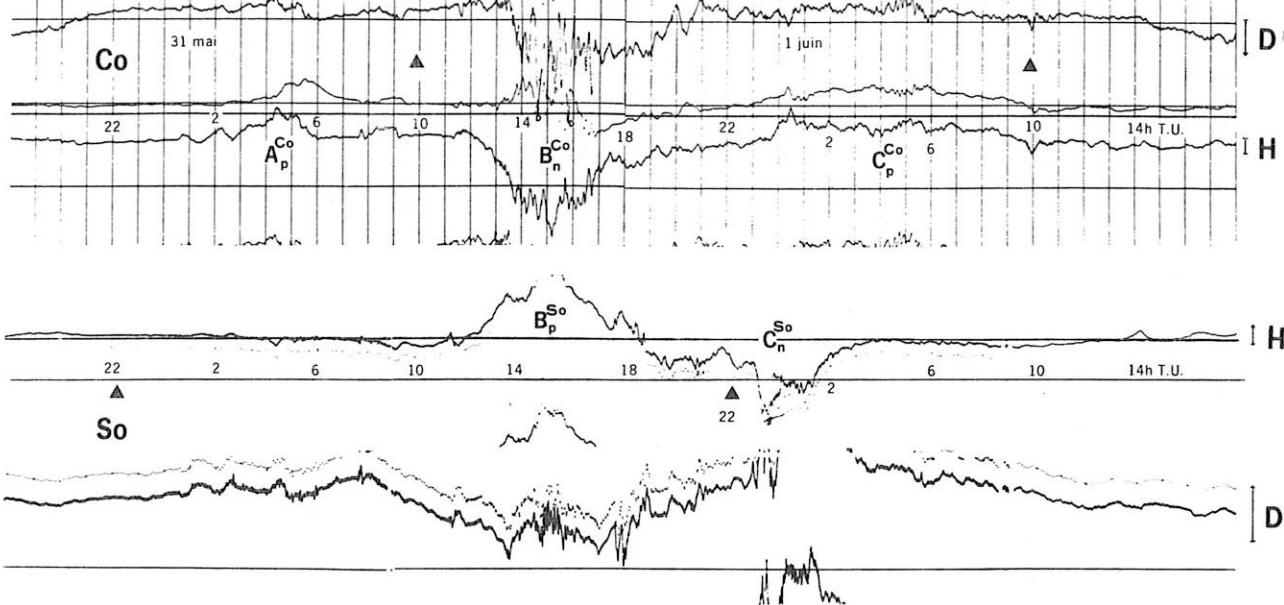


Figure 24a
 Enregistrements de H et D des 31/5 et 1/6/1959 à College et Sodankylä. Triangles : minuit local. Flèches : variation positive (vers l'Est pour D) de 100 gammas. Les symboles A_p^{Co} , B_n^{Co} ..., B_p^{So} ..., sont reportés sur les figures 24b et 24c ; ils indiquent la position de chacun des évènements-SD.
 H- and D-records of 31/5 and 1/6/1959 from College and Sodankylä. Triangles : local midnight. Arrows : positive variation (eastwards for D) of 100 gammas. The A_p^{Co} , B_n^{Co} ..., B_p^{So} ... symbols are transferred on figures 24b and 24c ; they show the position of each of the SD-events.
 (cf. p. 52,53,55)

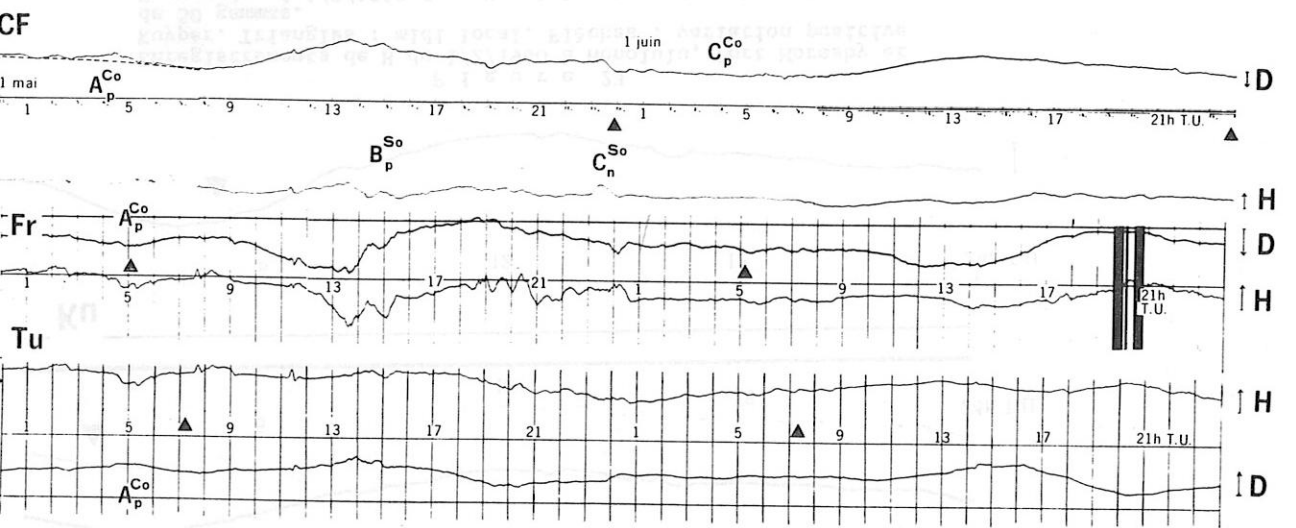
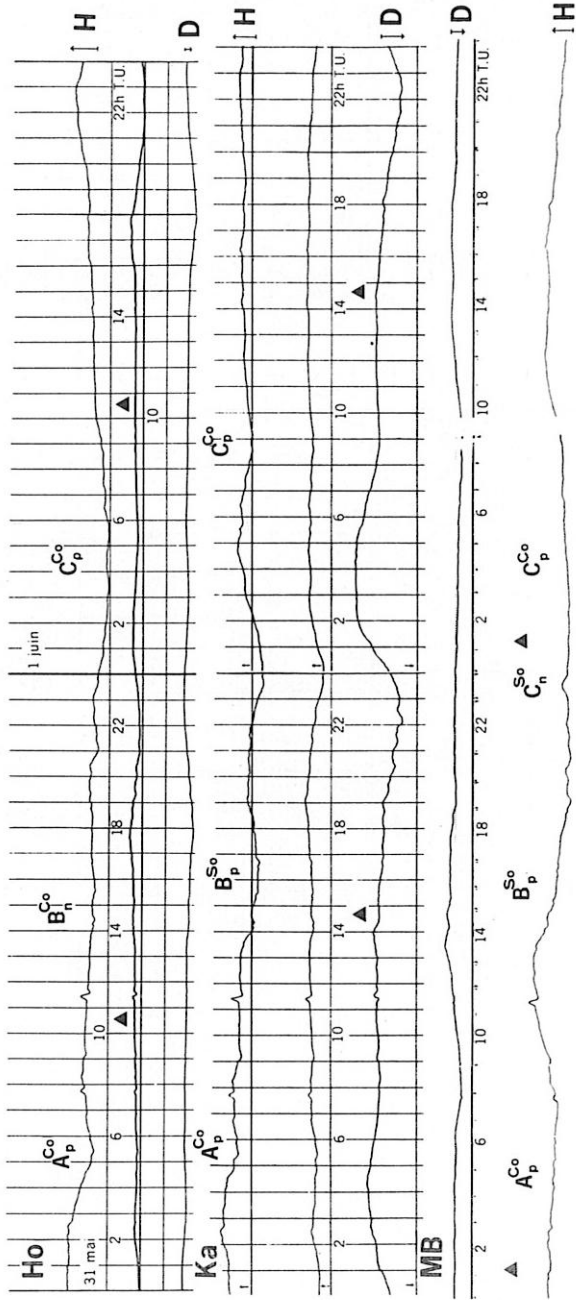


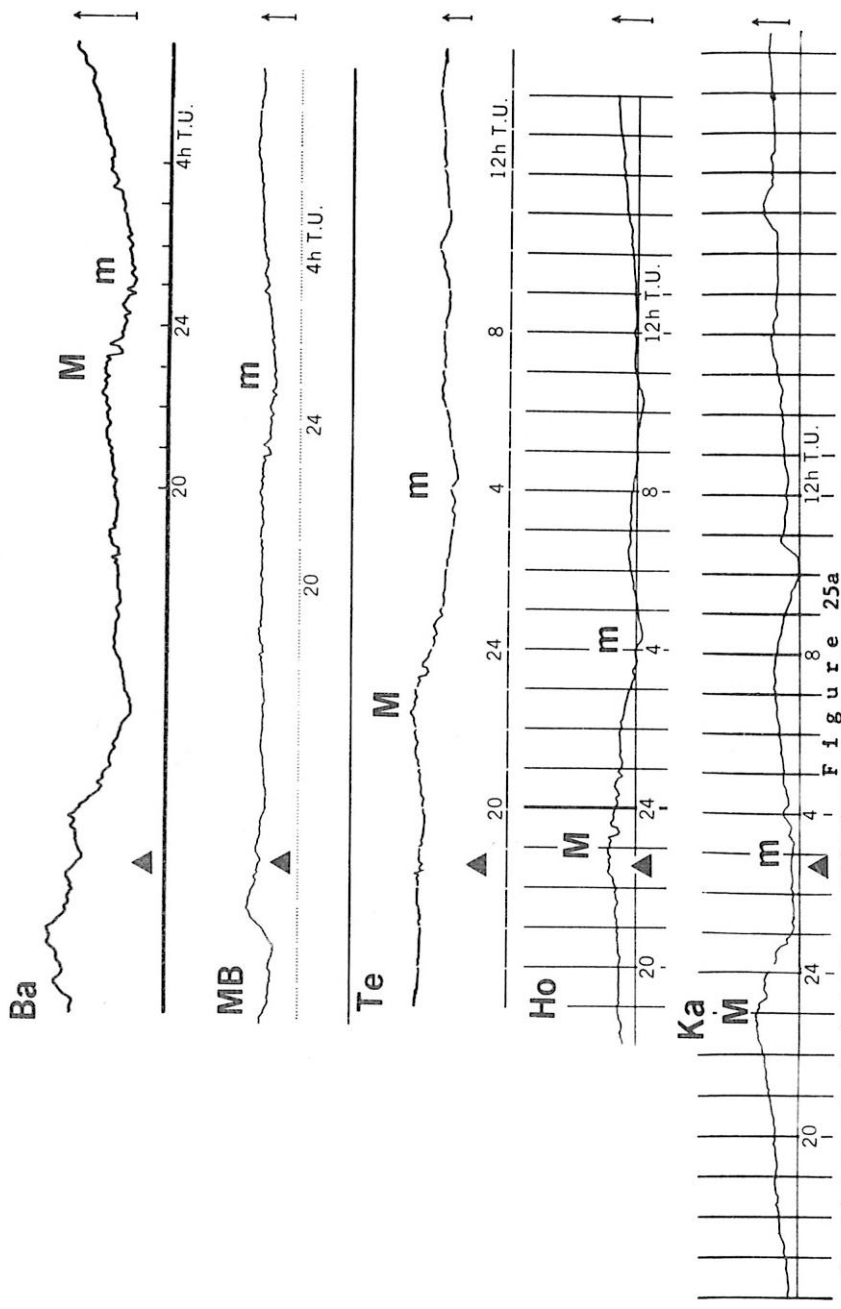
Figure 24b
 Enregistrements de H et D des 31/5 et 1/6/1959 à Chambon-la-Forêt, Fredericksburg et Tucson. Triangles : minuit local. Flèches : variation positive (vers l'Est pour D) de 50 gammas.
 H- and D-records of 31/5 and 1/6/1959 from Chambon-la-Forêt, Fredericksburg and Tucson. Triangles : local midnight. Arrows : positive variation (eastwards for D) of 50 gammas.
 (cf. p. 52,53,55)



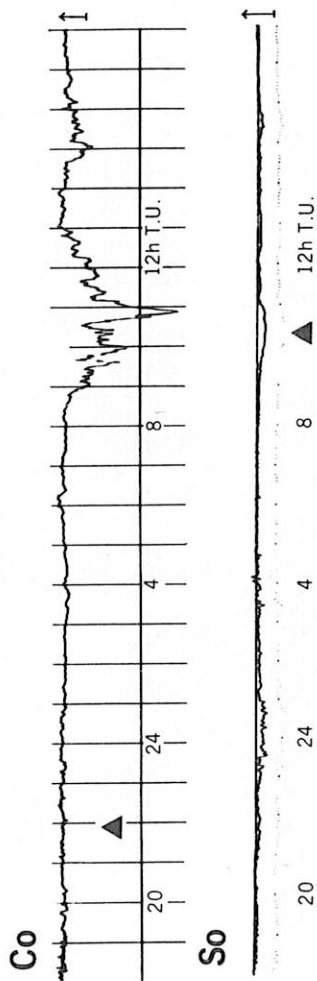
F i g u r e 24c

Enregistrements de H et D des 31/5 et 1/6/1959 à Honolulu, Kakioka et M'Bour.
 Triangles : minuit local. Flèches : variation positive (vers l'Est pour D) de 50 gammas.
 H- and D-records of 31/5 and 1/6/1959 from Honolulu, Kakioka and M'Bour. Triangles : local midnight. Arrows : positive variation (eastwards for D) of 50 gammas.

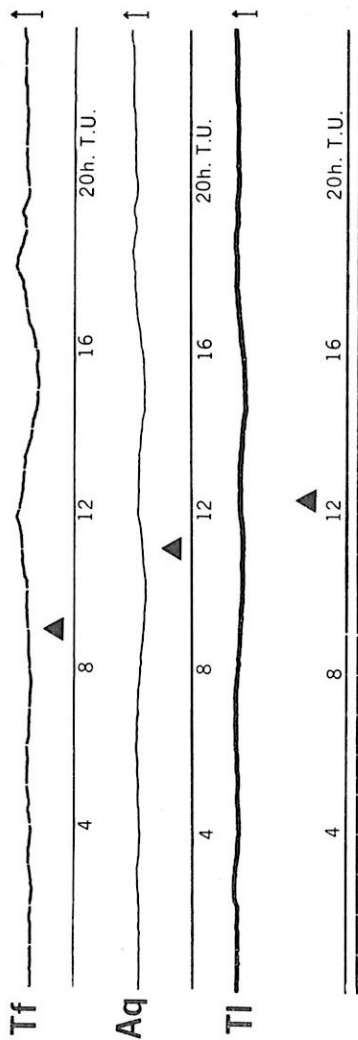
(cf. p. 52, 53, 55, 59)



Enregistrements de H du 24 au 25/12/1959 à Bangui, M'Bour, Teoloyucan, Honolulu et Kakioka. Les enregistrements sont superposés en temps local. Triangles : midi local. Flèches : variation positive de 50 gammas. M et m : position du maximum et du minimum de l' "oscillation lente". H-records of 24 to 25/12/1959 from Bangui, M'Bour, Teoloyucan, Honolulu and Kakioka. The records are superposed in local time. Triangles : local noon. Arrows : positive variation of 50 gammas. M and m : position of the maximum and minimum of the "slow oscillation". (cf. p. 53)



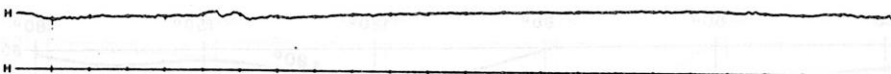
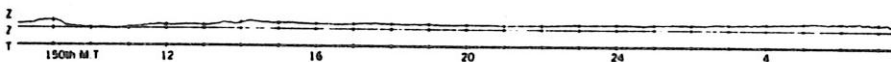
F i g u r e 25b
 Enregistrements de H du 24 au 25/12/1959 à Collège et Sodankylä.
 Triangles : midi local. Flèches : variation positive de 100 gammas.
 H-records of 24 to 25/12/1959 from Collège and Sodankylä. Triangles : local noon. Arrows : positive variation of 100 gammas.
 (cf. p. 53)



F i g u r e 26

Enregistrements de H du 24/11/1959 à Tiflis, l'Aquila et Toledo.
 Triangles : midi local. Flèches : variation positive de 50
 gammas.
 H-records of 24/11/1959 from Tiflis, Aquila and Toledo. Trian-
 gles : local noon. Arrows : positive variation of 50 gammas.
 (cf. p. 53)

D
COLLEGE, ALASKA
SEPT 21 1958



COLLEGE, ALASKA
SEPT 22 1958

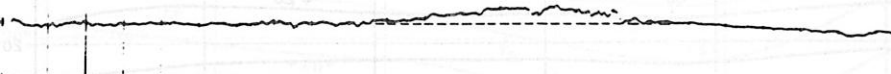
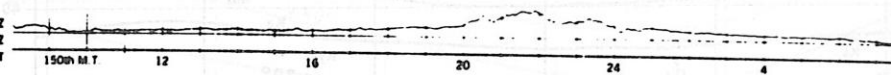


Figure 27

Enregistrements du 21 au 23/9/1958 à College. Le tracé en tirets représente une interprétation du S_R aux heures de la variation-K d'allure régulière de la fig. 21a.

Records of 21 to 23/9/1958 from College. The dashed line represents an interpretation of S_R during the hours of the smooth K-variation of fig. 21a.

(cf. p. 54)

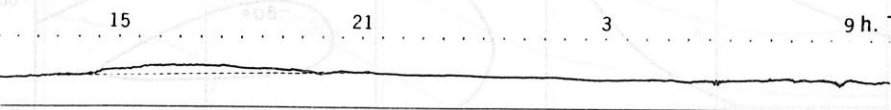
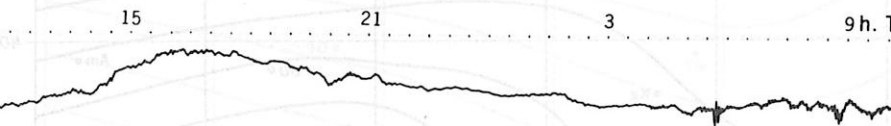
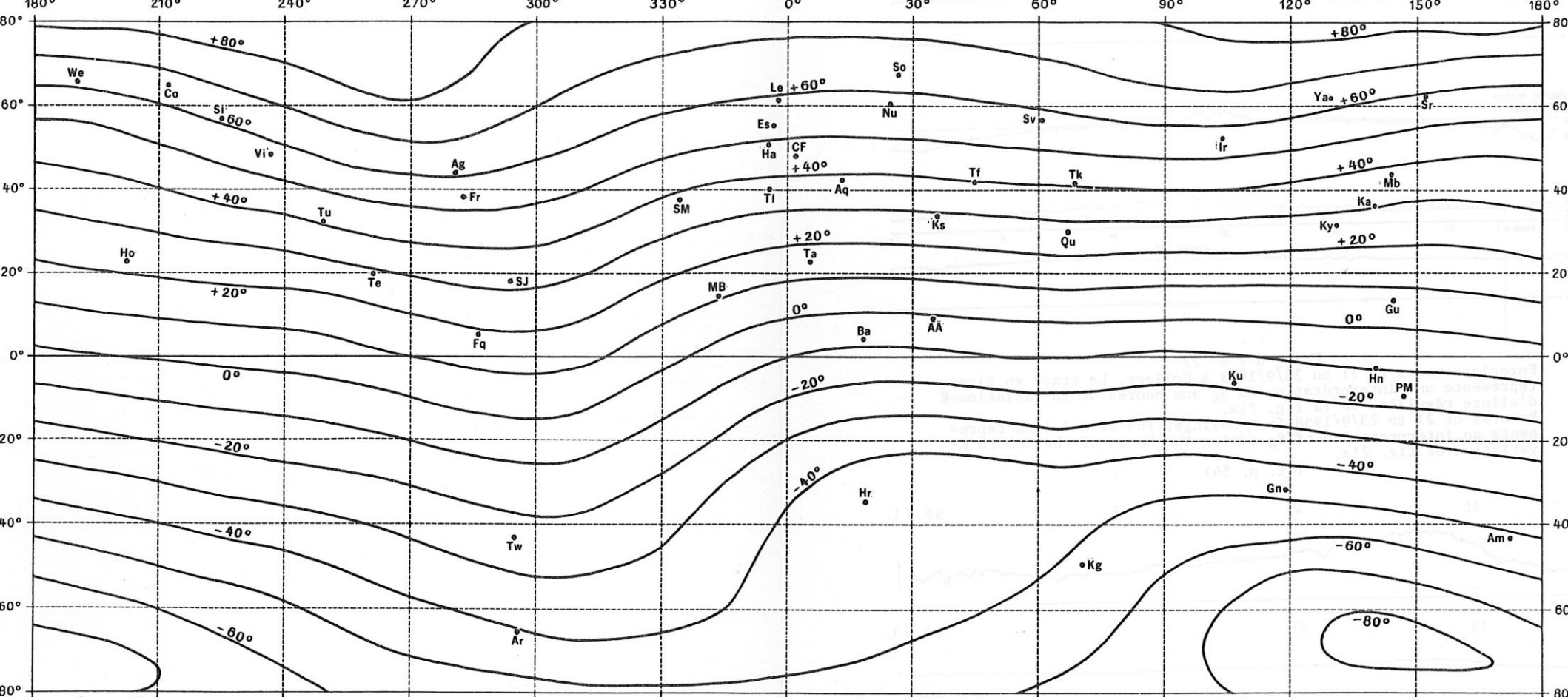


Figure 28

Enregistrements de H, avec deux sensibilités différentes, du même jour à Tromsø.

H-records, with two different sensitivities, of the same day from Tromsø.

(cf. p. 54)



F i g u r e 29

Lignes d'égale latitude magnétique, à 100 km d'altitude,
dans un système de coordonnées géographiques.
Isolines of magnetic latitude, at an altitude of 100 km,
in a system of geographic coordinates.
(cf. p. 56)

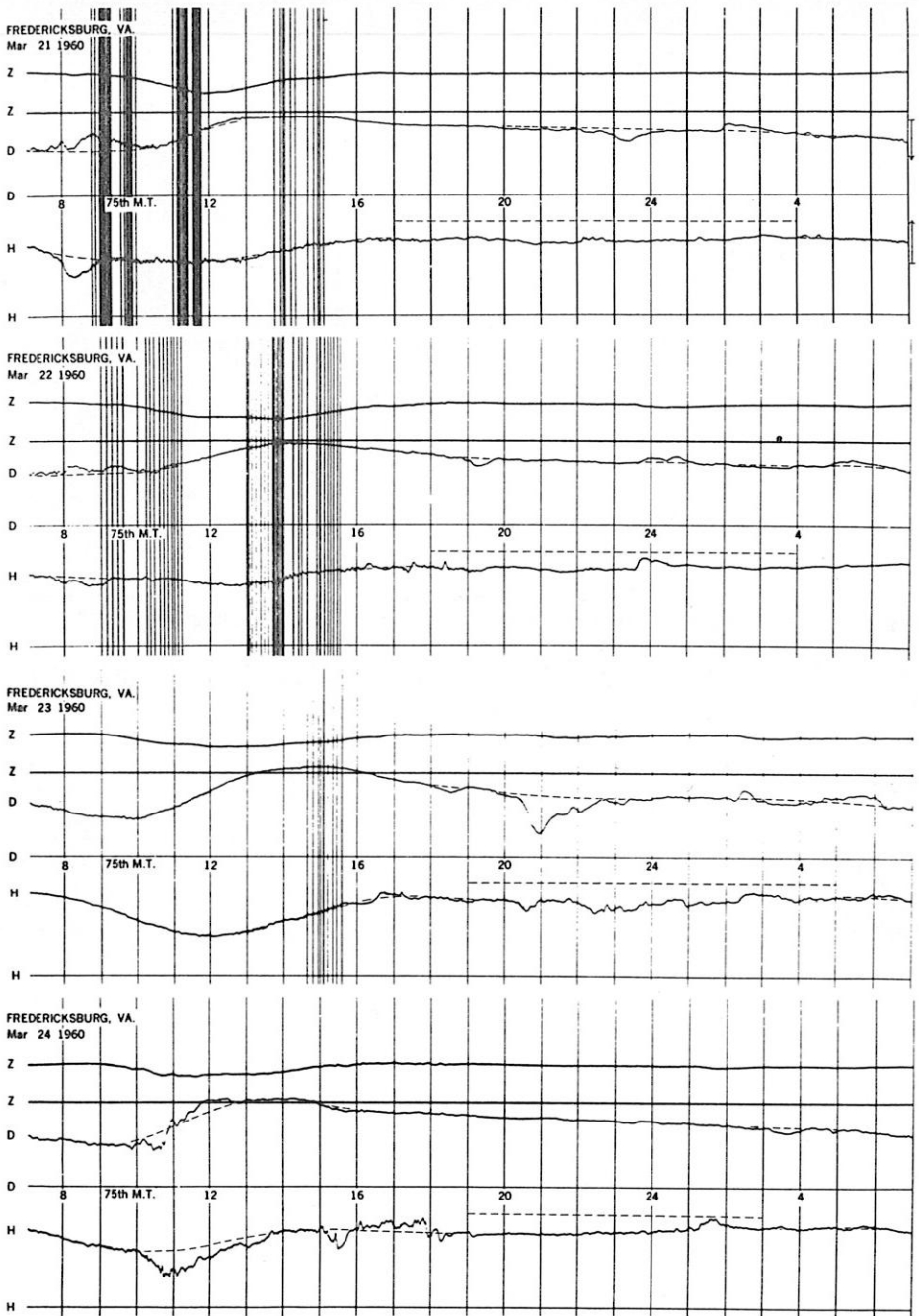


Figure 30

Enregistrements du 21 au 25/3/1960 à Fredericksburg. Le tracé en tirets représente une interprétation du S_R ; les intervalles où le tracé est horizontal sont ceux où les variations-non-K n'existent pas ou sont trop faibles pour être interprétées. Flèches : variation positive (vers l'Est pour D) de 50 gammas.

Records of 21 to 25/3/1960 from Fredericksburg. The dashed line represents an interpretation of S_R ; the intervals for which the dashed line is horizontal are those where the non-K-variations do not exist or are too small to be interpreted. Arrows : positive variation (eastwards for D) of 50 gammas.

(cf. p. 57)

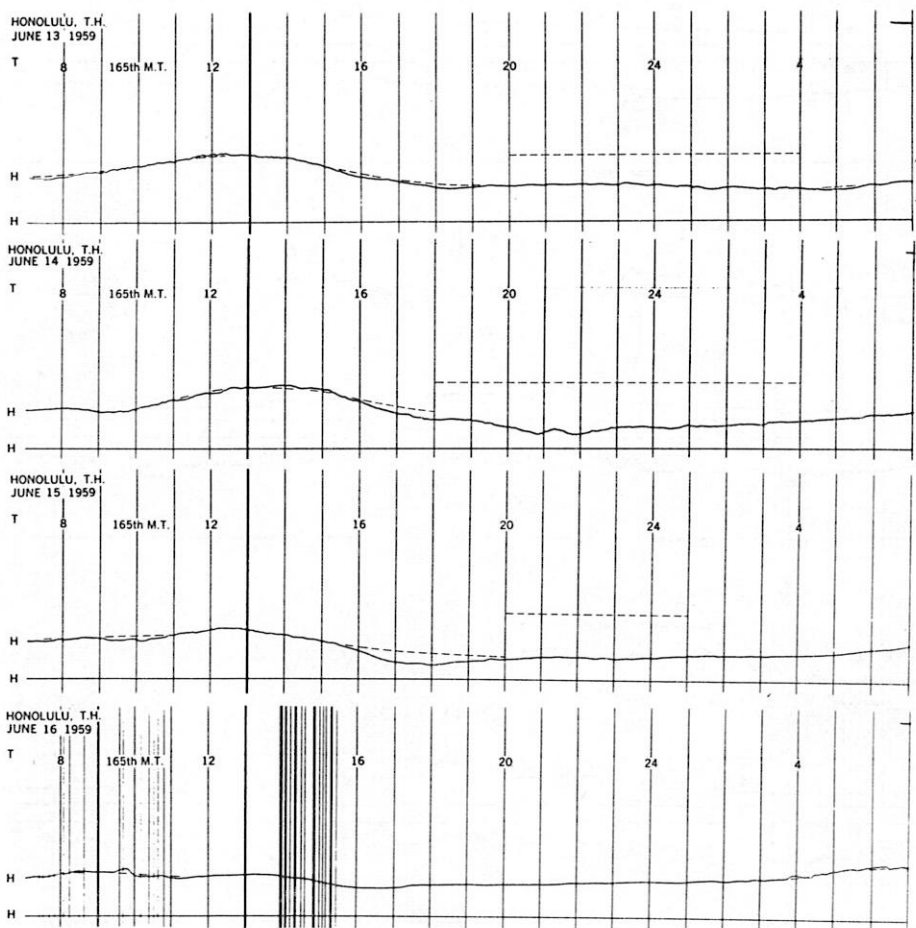


Figure 31

Enregistrements de H du 13 au 17/6/1959 à Honolulu. Le tracé en tirets représente une interprétation du S_R ; les intervalles où le tracé est horizontal sont ceux où les variations-non-K n'existent pas ou sont trop faibles pour être interprétées. Flèches : variation positive de 50 gammas.

H-records of 13 to 17/6/1959 from Honolulu. The dashed line represents an interpretation of S_R ; the intervals for which the dashed line is horizontal are those where the non-K-variations do not exist or are too small to be interpreted. Arrows : positive variation of 50 gammas.

(cf. p. 57)

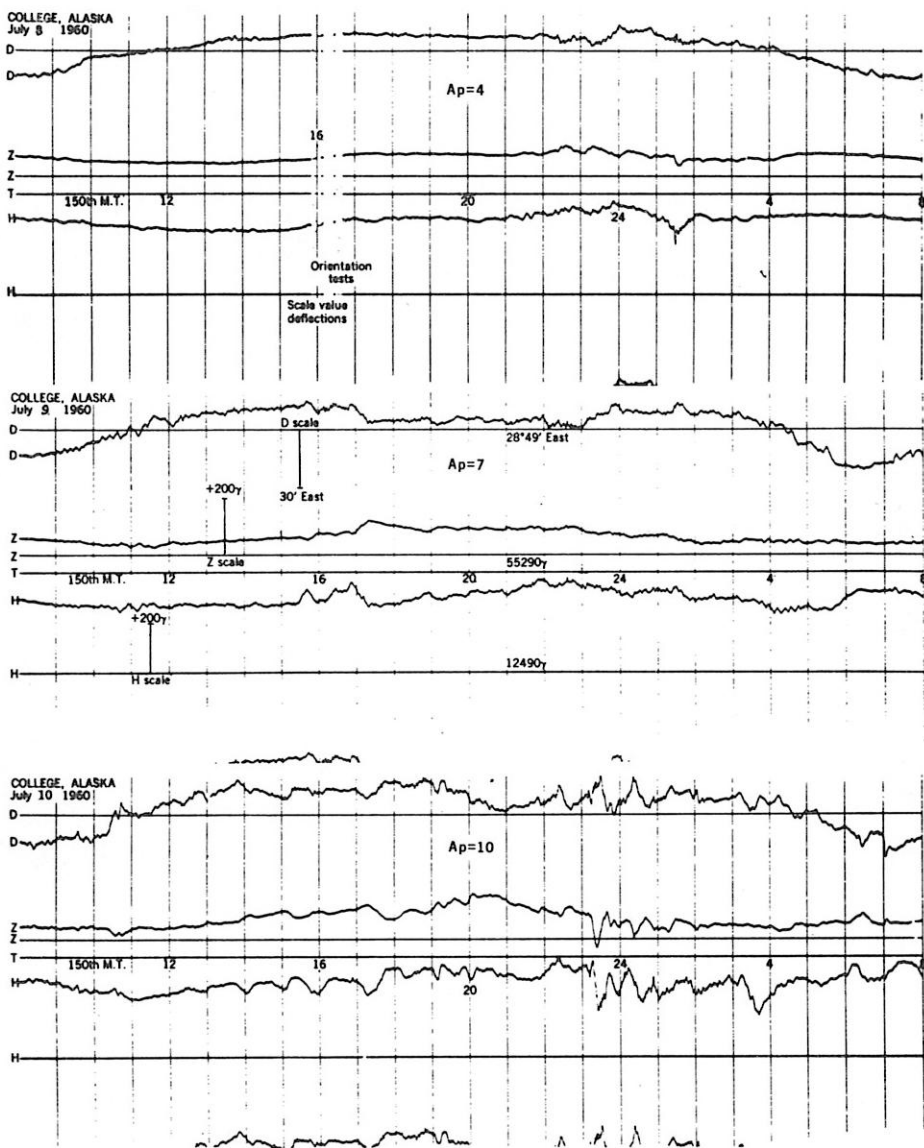


Figure 32

Enregistrements de College. La valeur de A_p indiquée est celle correspondant aux 8 intervalles trihoraires de chaque enregistrement. Le 10/7 une identification du S_R est encore utile sur D, mais elle est inutile sur H.

College records. The indicated A_p -value corresponds to the 8 three-hourly intervals of each record. On 10/7, an identification of S_R is still useful in D, it is useless in H.

(cF. p. 58)

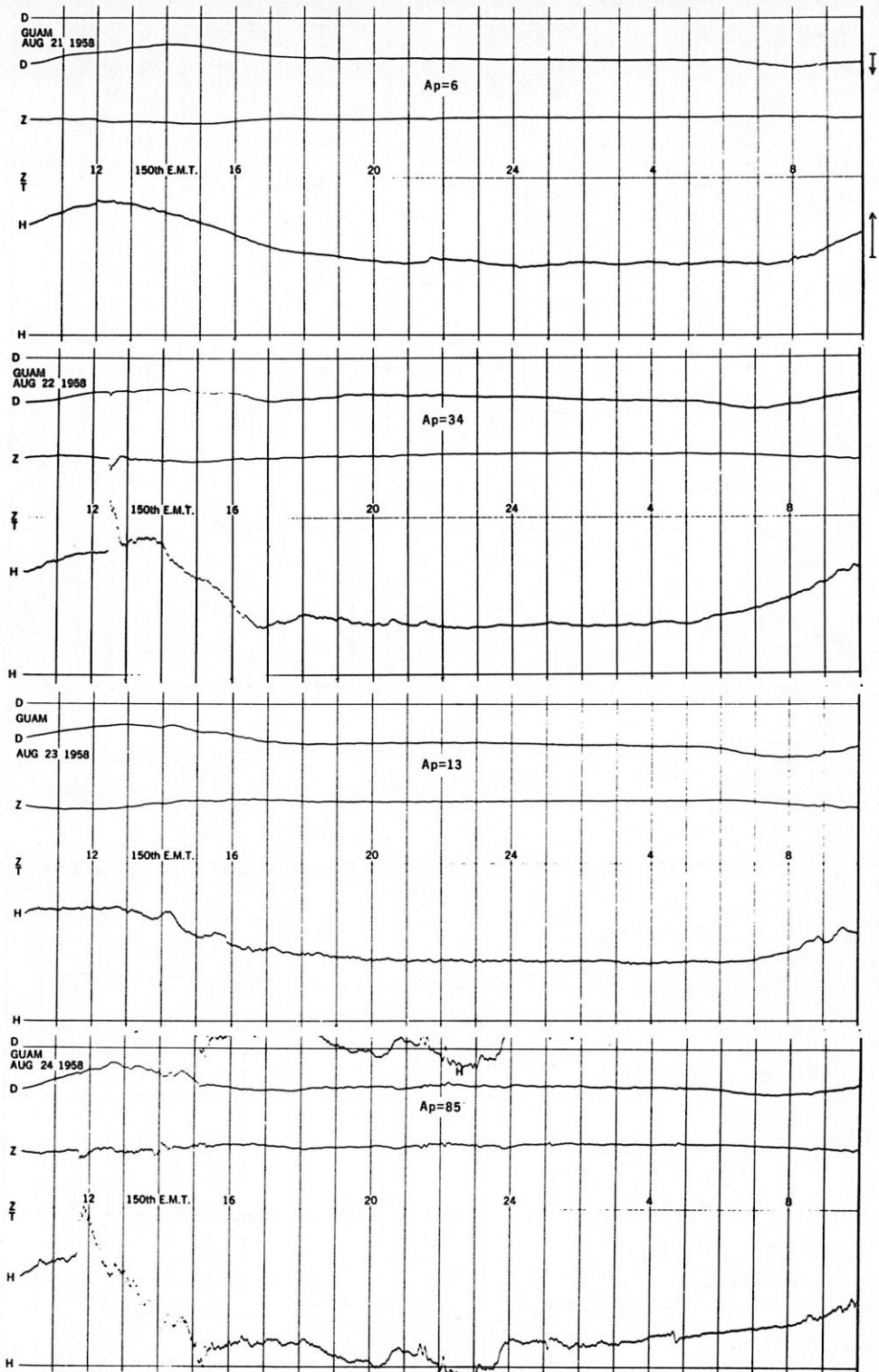


Figure 33

Enregistrements de Guam. Ap: voir légende précédente. Le 22/8, l'identification du S_R est encore utile ; le 24/8, elle ne l'est plus en grande partie. Guam records. Ap: see preceding legend. On 22/8, the identification of S_R is still useful ; it is useless on a great part of 24/8.

(cf. p. 58)

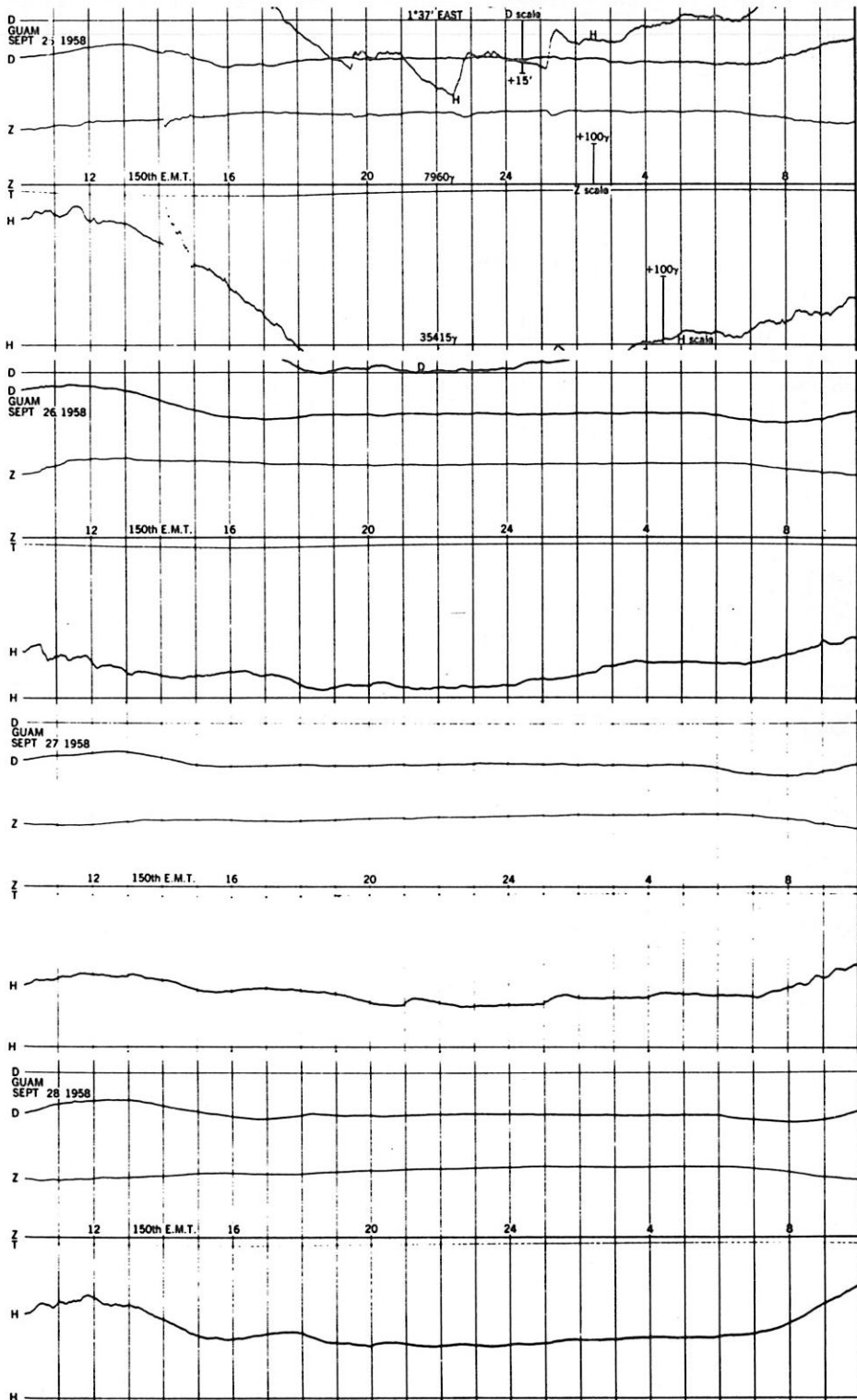


Figure 34a
 Enregistrements du 25 au 29/9/1958 (150th E.M.T.) à Guam
 Records of 25 to 29/9/1958 (150th E.M.T.) from Guam.
 (cf. p. 58-59)

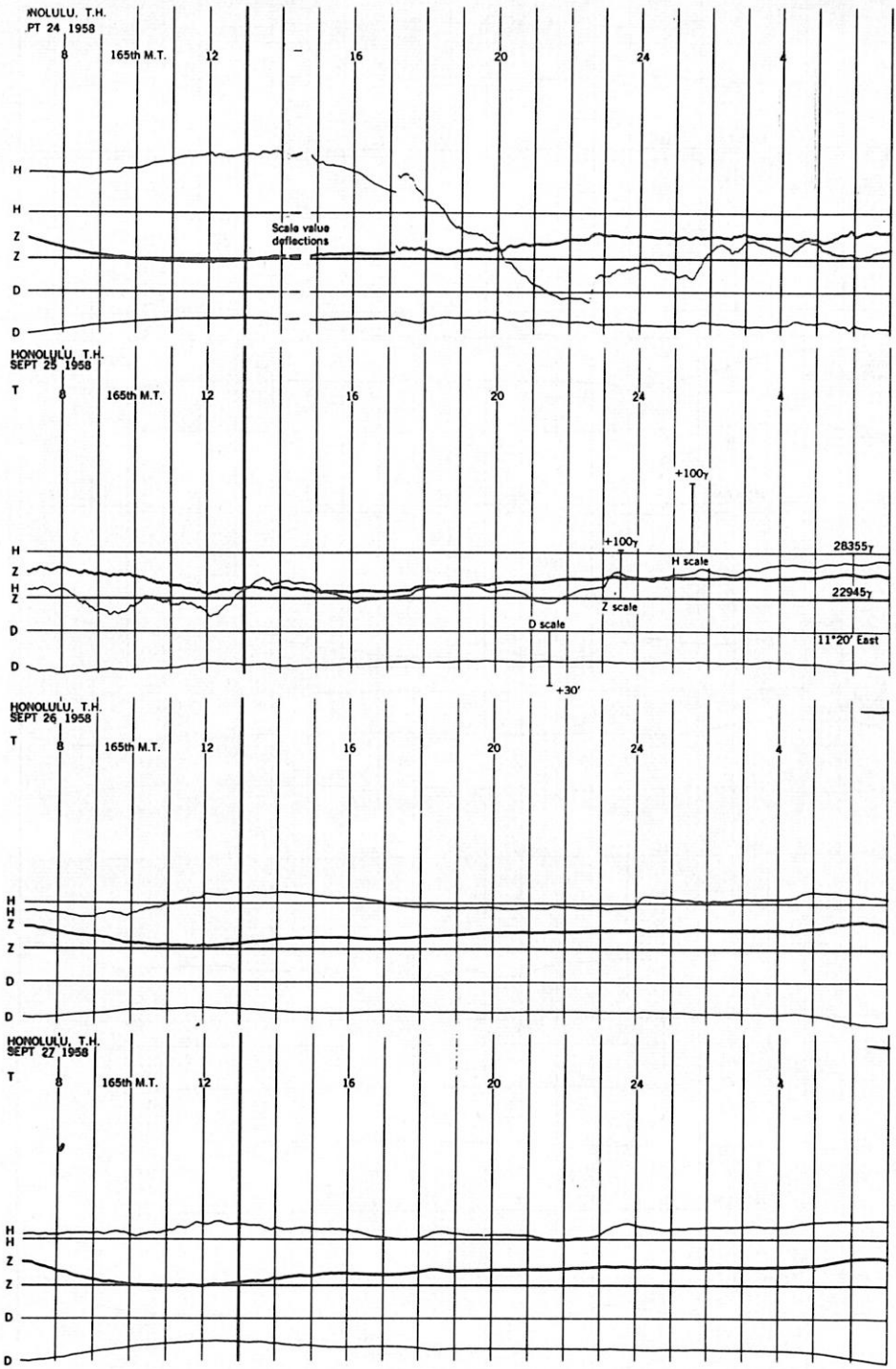


Figure 34b
 Enregistrements du 24 au 28/9/1958 (165th W.M.T.) à Honolulu.
 Records of 24 to 28/9/1958 (165th W.M.T.) from Honolulu.
 (cf. p. 58-59)

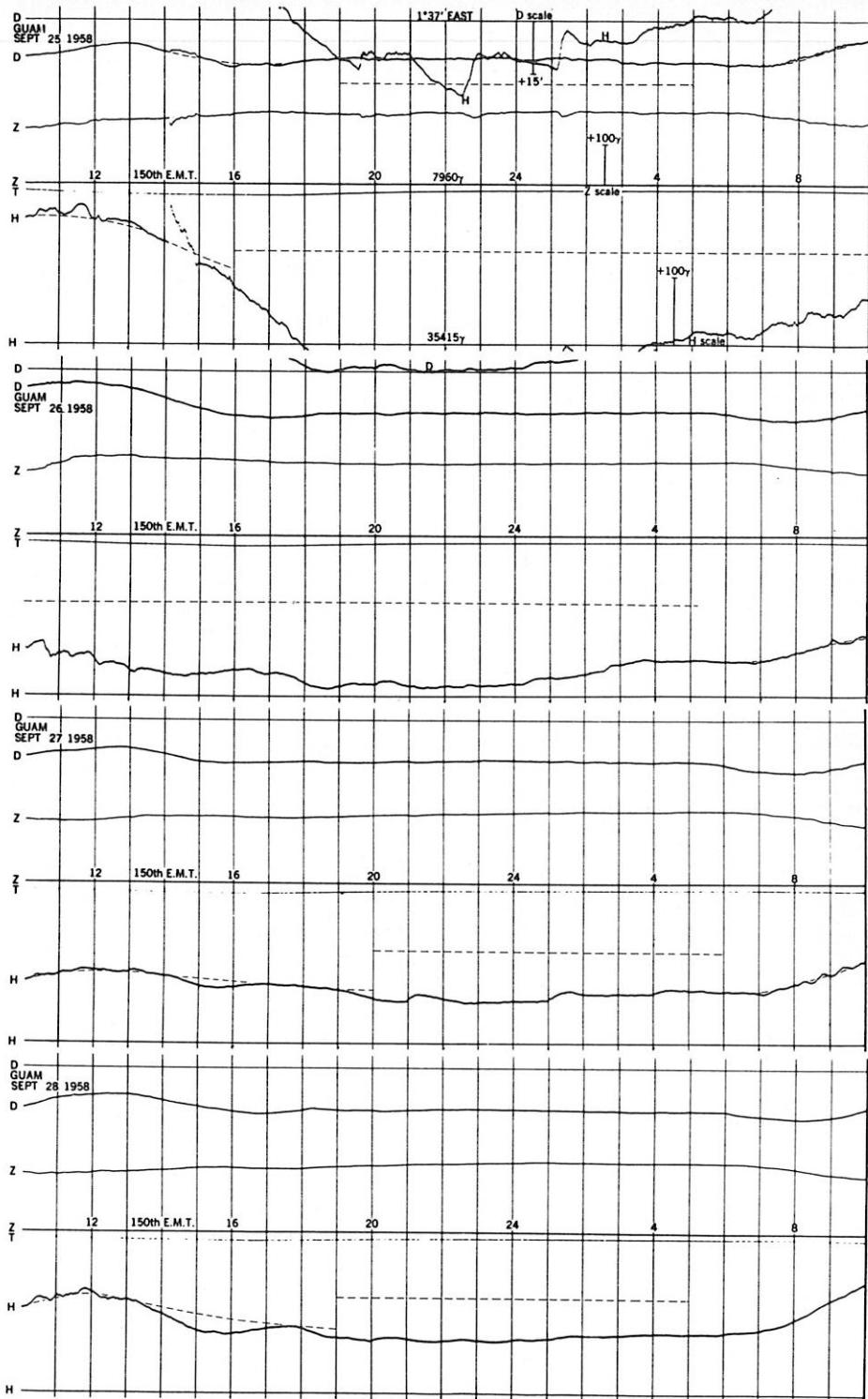


Figure 35a
 Exemples du lissage à faire sur les enregistrements de la fig. 34a
 pour interpréter le S_R .
 Examples of smoothing on the records of fig. 34a for interpreting
 the S_R .

(cf. p. 59)

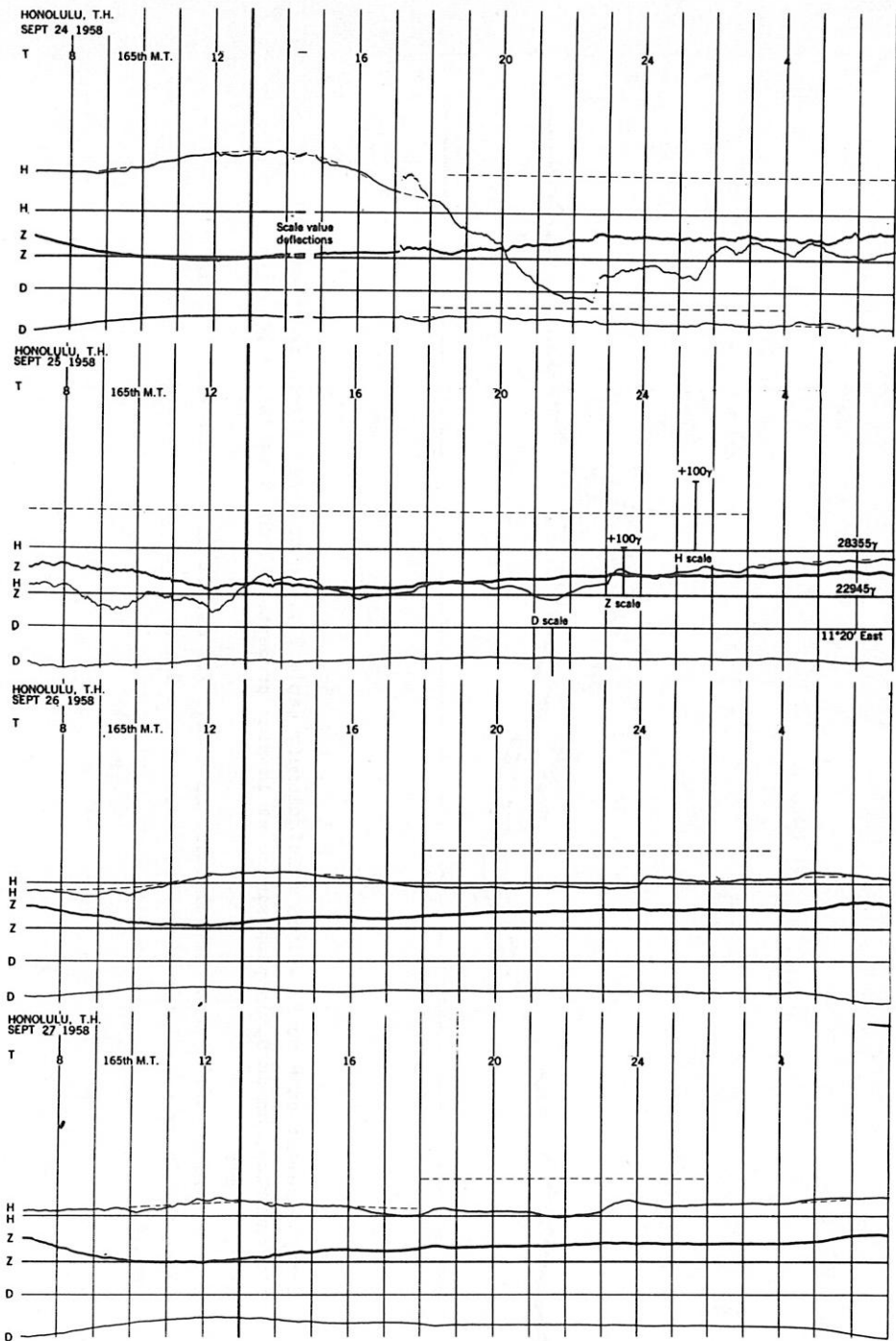
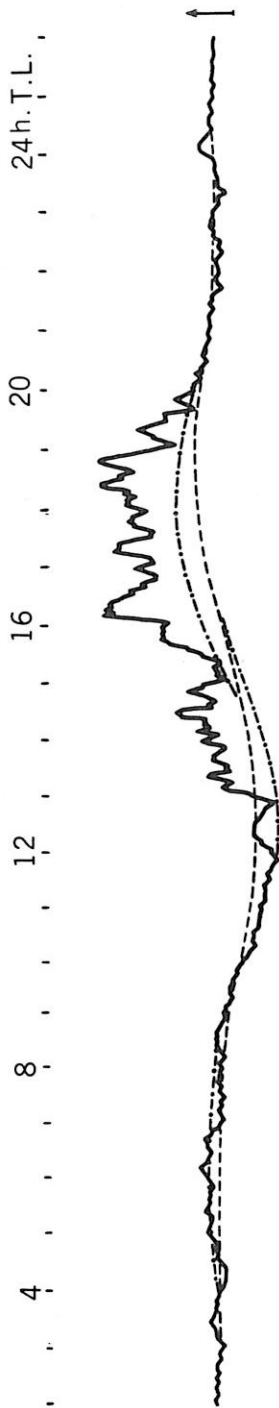


Figure 35b

Exemples du lissage à faire sur les enregistrements de la fig. 34b pour interpréter le S_R .

Examples of smoothing on the records of fig. 34b for interpreting the S_R .

(cf. p. 59)



F i g u r e 36

Enregistrement de H du 30/4/1959 à Eskdalemuir (Ap = 21). Le tracé en tirets représente l'identification du S_R la plus simple et la plus prudente. Flèche : variation positive de 50 gammas.

H-record of 30/4/1959 from Eskdalemuir (Ap = 21). The dashed line represents the simplest and least speculative identification of the S_R . Arrow : positive variation of 50 gammas.

(cf. p. 61)

0 4 8 12 16 20 24h. T.L.



F i g u r e 37

Enregistrement de H du 7/6/1960 à l'Aquila (Ap = 15). Le tracé en tirets représente l'identification du S_R la plus prudente. Flèche: variation positive de 50 gammas. H-record of 7/6/1960 from Aquila (Ap = 15). The dashed line represents the least speculative identification of the S_R . Arrow: positive variation of 50 gammas. (cf. p. 61)

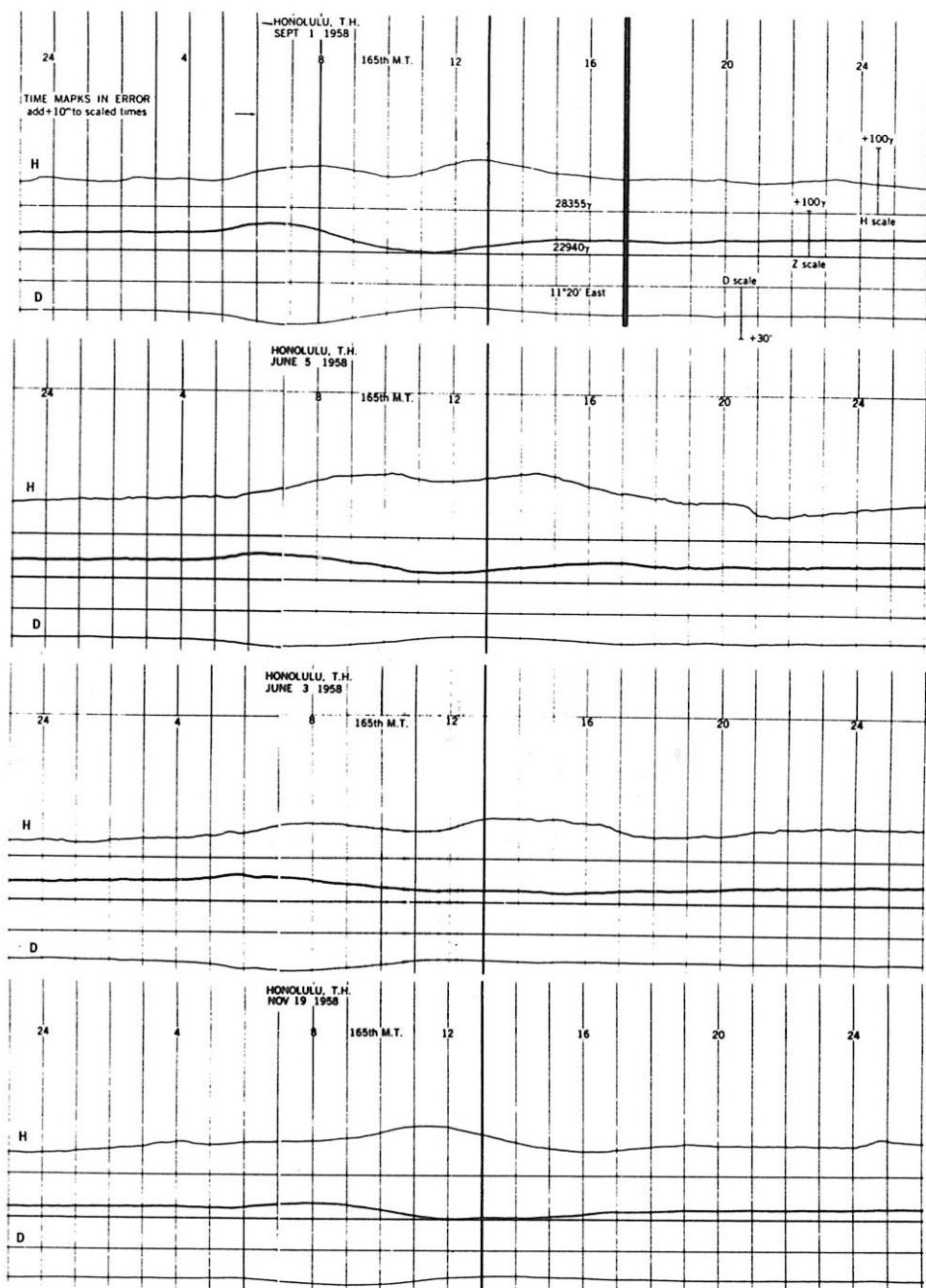


Figure 38
Enregistrements d'Honolulu.
Records from Honolulu.
(cf. p. 62)

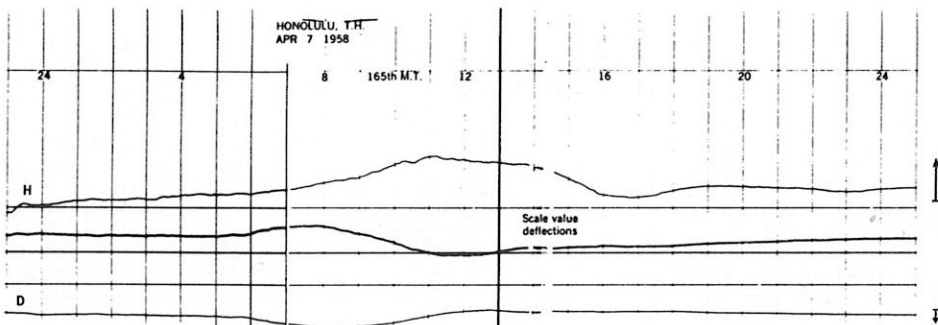


Figure 39a
 Enregistrement du 7/4/1958 à Honolulu. Flèches: variation positive (vers l'Est pour D) de 50 gammas.
 Record of 7/4/1958 from Honolulu. Arrows: positive variation (eastwards for D) of 50 gammas.
 (cf. p. 63)

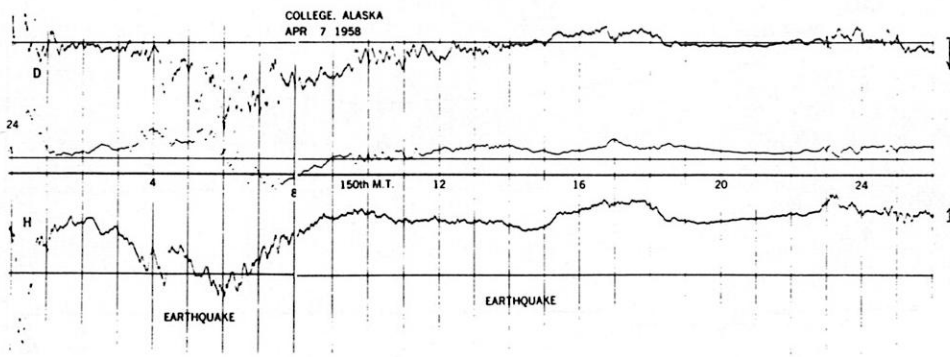


Figure 39b
 Enregistrement du 7/4/1958 à College. Flèches: variation positive (vers l'Est pour D) de 50 gammas.
 Record of 7/4/1958 from College. Arrows: positive variation (eastwards for D) of 50 gammas.
 (cf. p. 63)

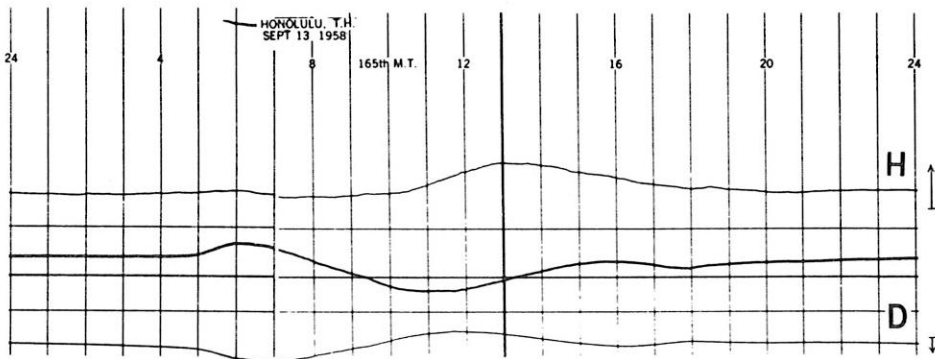


Figure 40
 Enregistrement du 13/9/1958 à Honolulu. Flèches : variation positive (vers l'Est pour D) de 50 gammas.
 Record of 13/9/1958 from Honolulu. Arrows : positive variation (eastwards for D) of 50 gammas.
 (cf. p. 63)

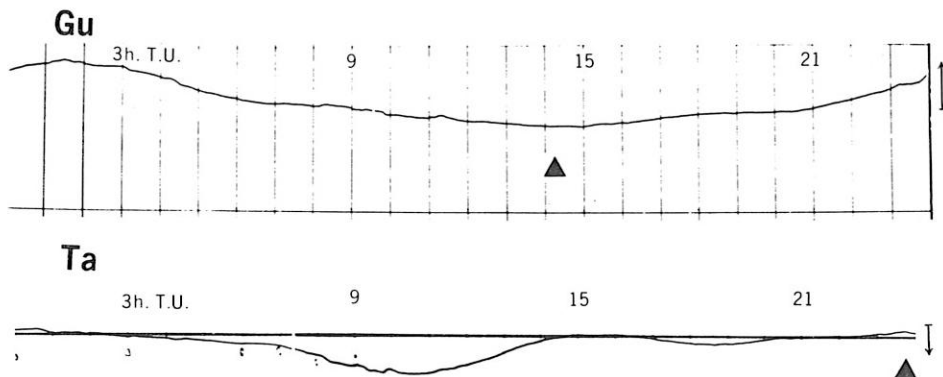


Figure 41
 Enregistrements de H du 21/11/1958 à Guam et Tamanrasset. Triangles : minuit local. Flèches : variation positive de 50 gammas.
 H-records of 21/11/1958 from Guam and Tamanrasset. Triangles : local midnight. Arrows : positive variation of 50 gammas.
 (cf. p. 63)

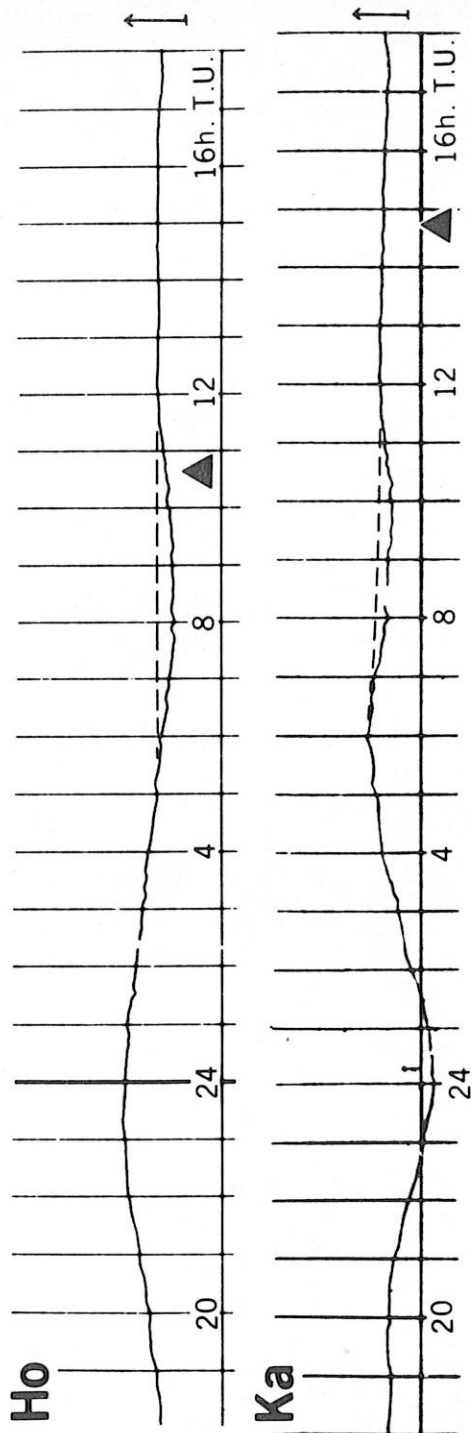


Figure 42
 Enregistrements de la fig. 21b, traités selon la règle 7.
 Records of fig. 21b, with application of Rule 7.
 (cf. p. 64)

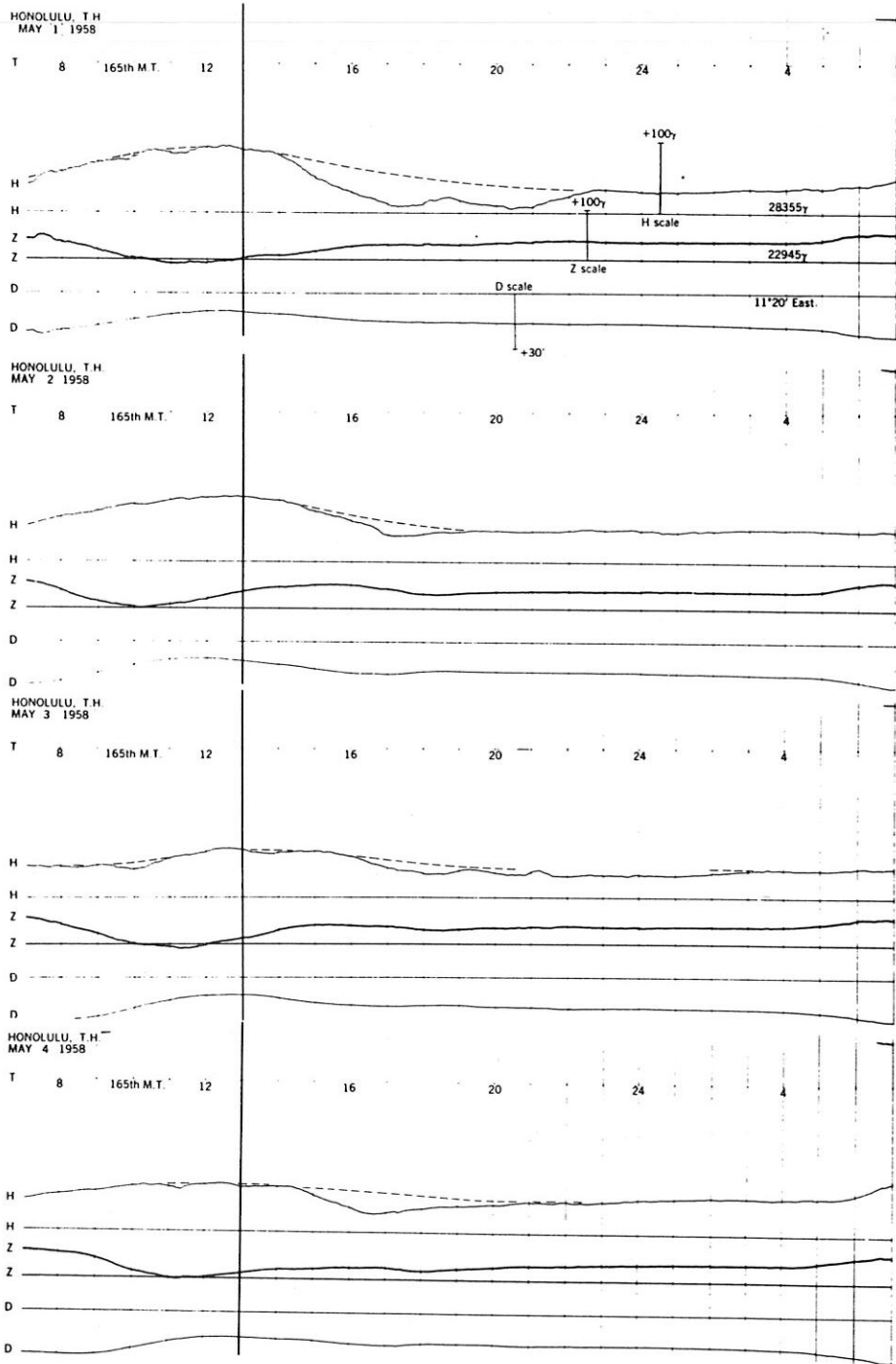


Figure 43
Enregistrements de H du 1 au 5/5/1958 à Honolulu. Exemples d'une application, au sens large, de la règle 7.
H-records of 1 to 5/5/1958 from Honolulu. Examples of an application, in a wide sense, of rule 7.
(cf. p. 65)

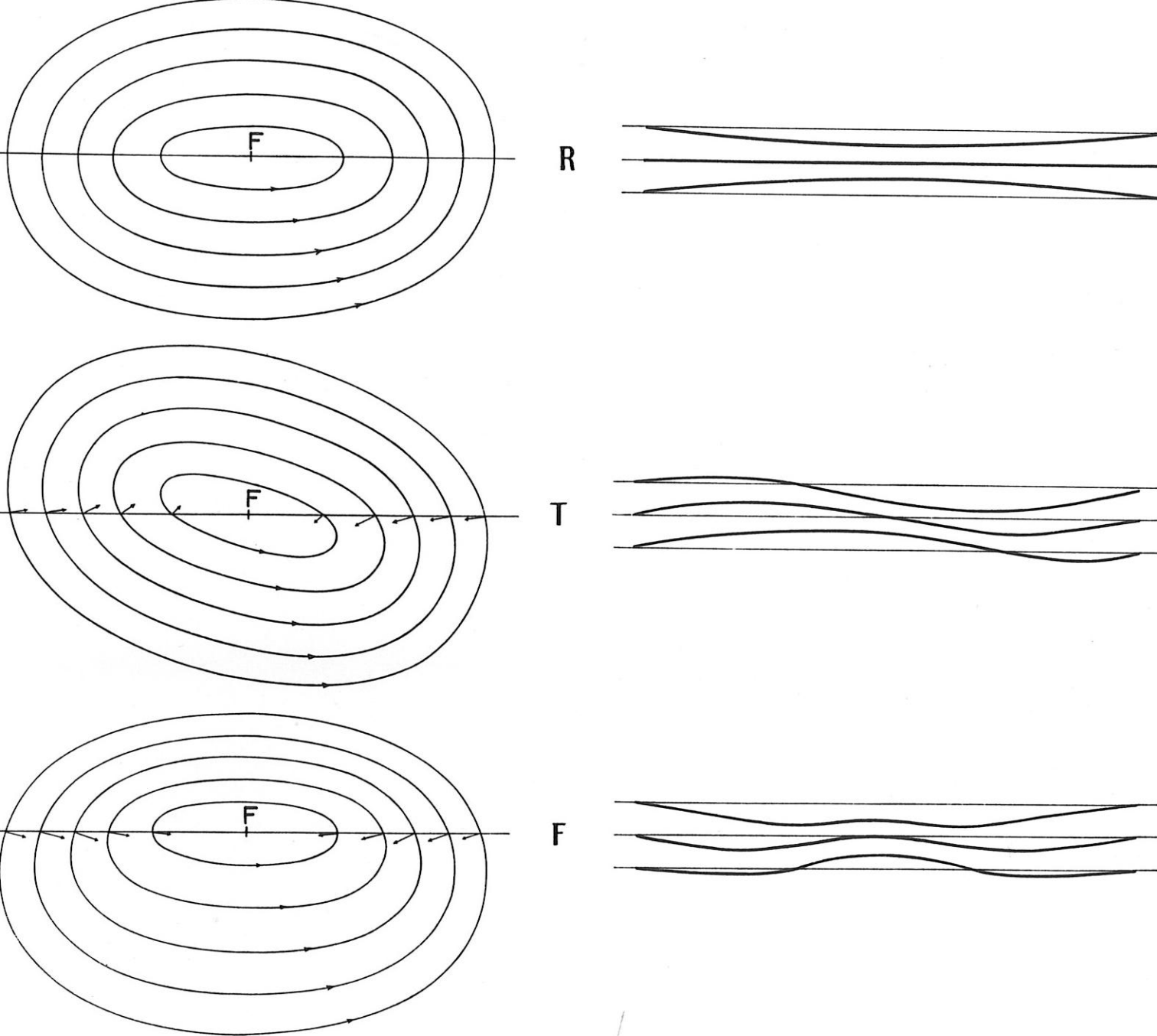


Figure 44

Modèles R, T et F et formes correspondantes du S_R de H à des latitudes proches du foyer. Le sens des courants correspond à l'hémisphère Nord. L'inclinaison du modèle T correspond à un modèle T_h^m et l'excentrement du foyer dans le modèle F correspond à un modèle F_h .

Models R, T and F, and corresponding shapes of the S_R of H at latitudes close to the focus. The sense of the currents corresponds to the Northern hemisphere. The tilt of the T model corresponds to a T_h^m model ; the shift of the focus in the F model corresponds to an F_h model.

(cf. p.67-69)

10 Fevrier 1959

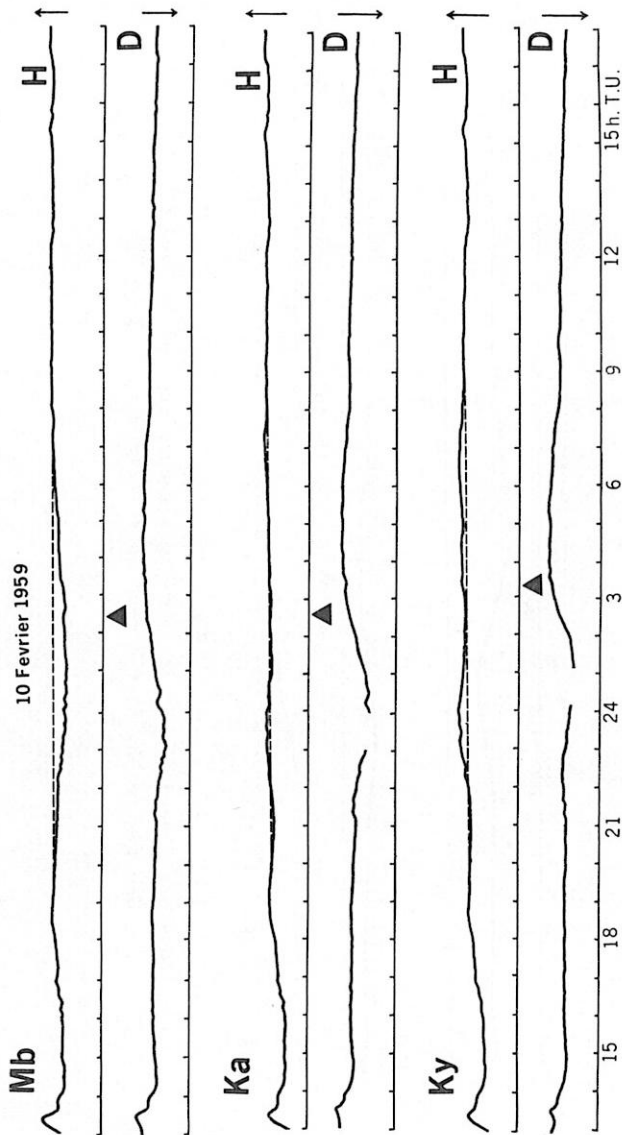


Figure 45

Enregistrements de H et D à Memambetsu, Kakioka et Kanoya. Triangles : midi local. Flèches: variation positive (vers l'Est pour D) de 50 gammas. Type R.

H- and D-records from Memambetsu, Kakioka and Kanoya. Triangles: local noon. Arrows : positive variation (eastwards for D) of 50 gammas. Type R. (cf. p. 67)

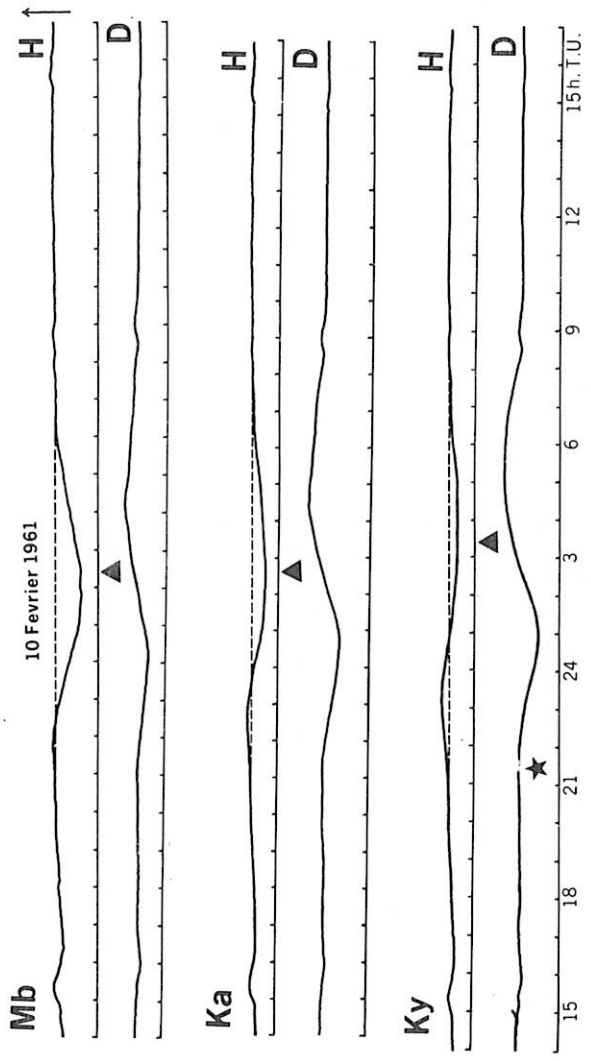


Figure 46

Idem que figure 45. Etoile : maximum secondaire sur D. Type T_h^m
 See figure 45. Star : secondary maximum in D. Type T_h^m
 (cf. P. 67,71)

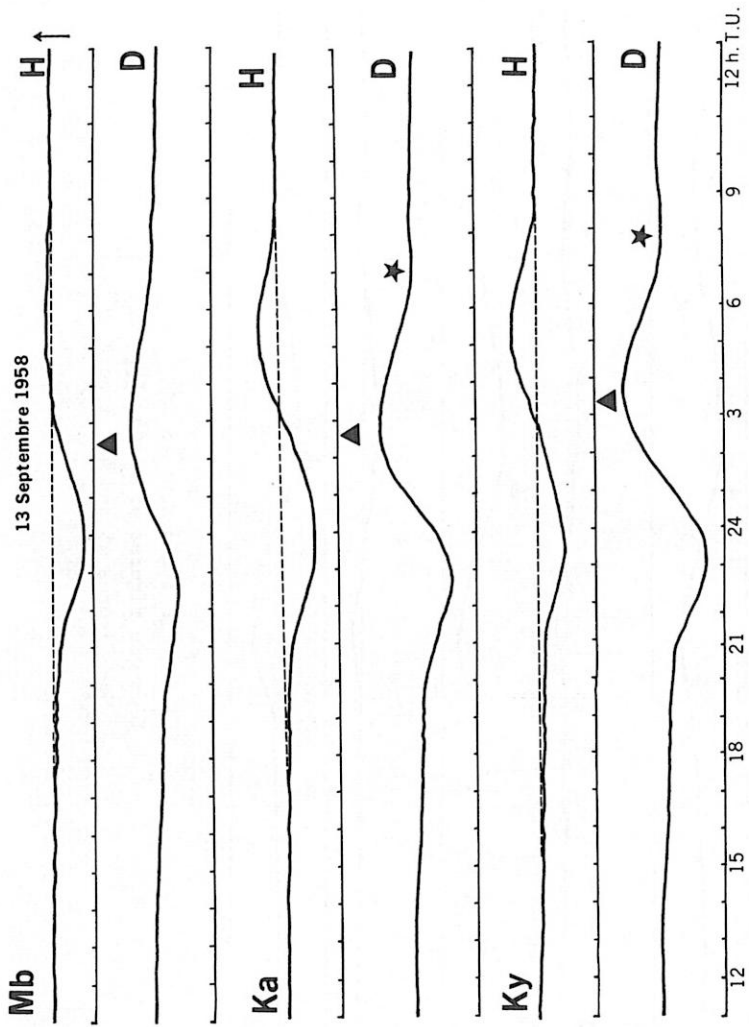


Figure 47
 Idem que figures 45 et 46. Type T_1^m
 See figures 45 and 46. Type T_1^m
 (cf. p. 67,72)

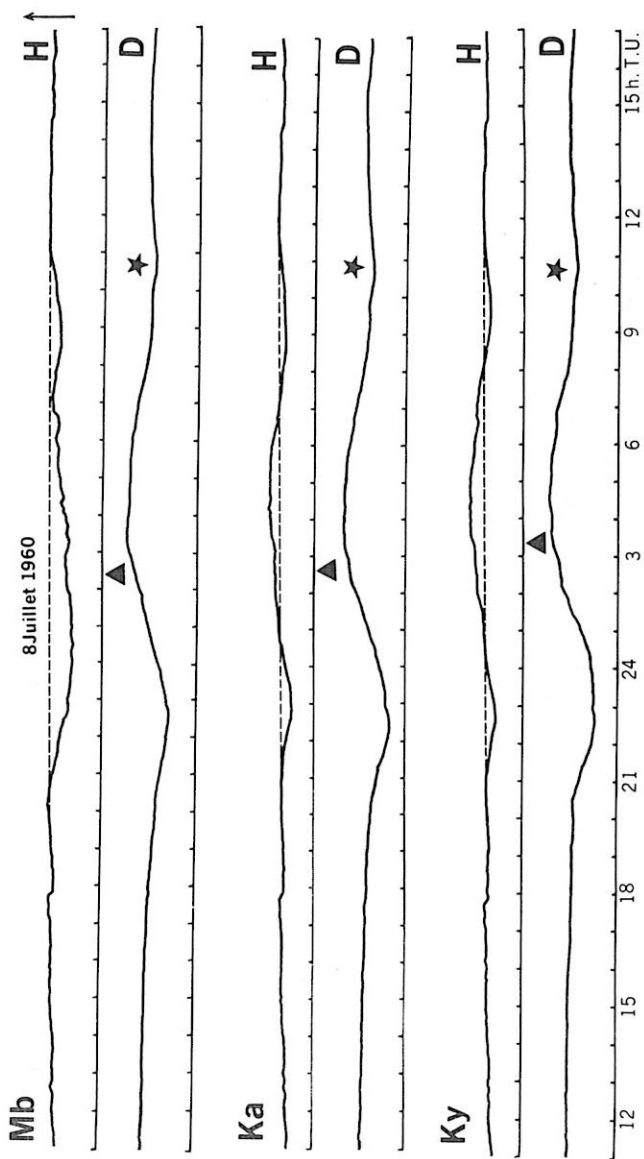


Figure 48

Idem que figures 45 et 46. Type F_h

See figures 45 and 46. Type F_h

(cf. p. 68)

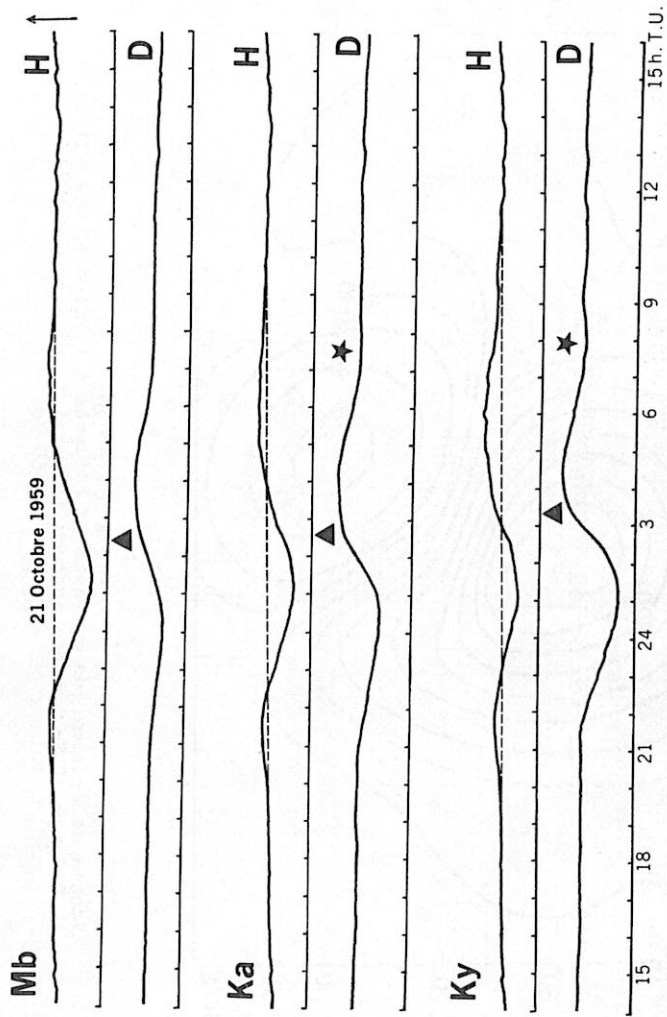


Figure 49

Idem que figures 45 et 46. Type F₁

See figures 45 and 46. Type F₁

(cf. p. 68,72)

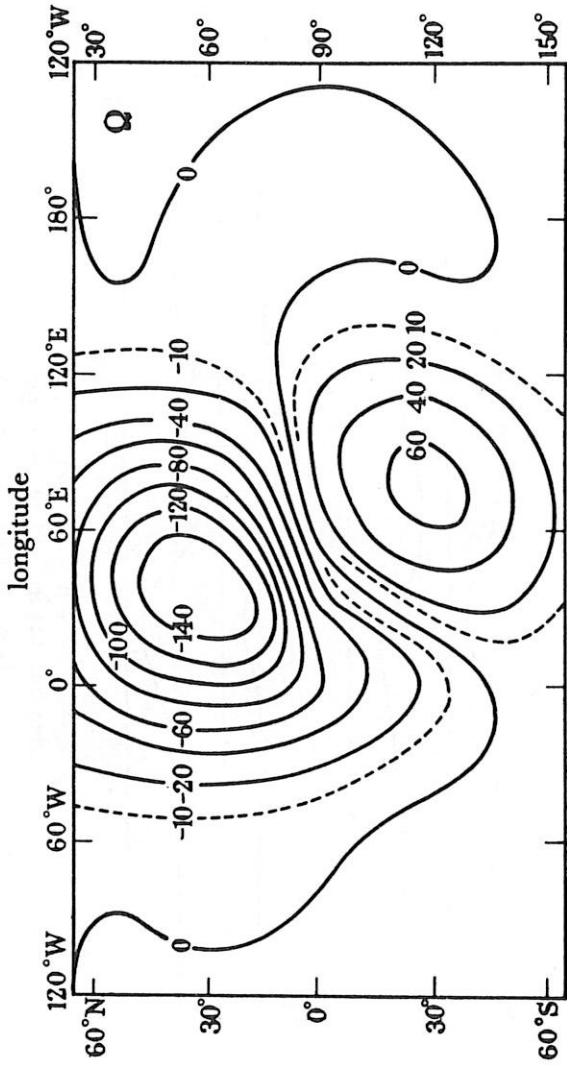


Figure 50

Schéma de systèmes de courants Sq (d'après A.T.Price et G.A.Wilkins).
 Diagram of Sq current systems (after A.T.Price et G.A.Wilkins).
 (cf. p. 69-70)

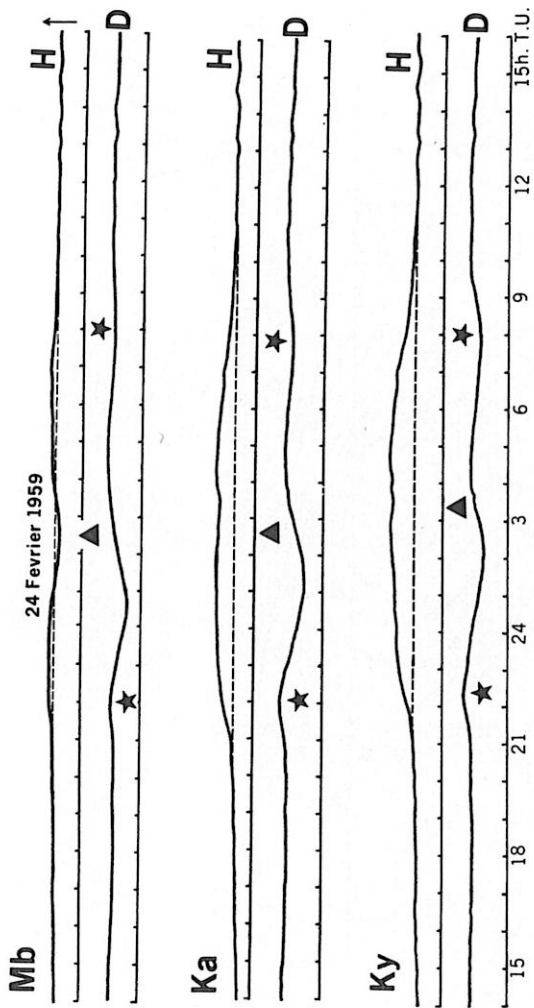


Figure 51
 Idem que figures 45 et 46. Type "invasion".
 See figures 45 and 46. Type "invasion".
 (cf. p. 70-71)

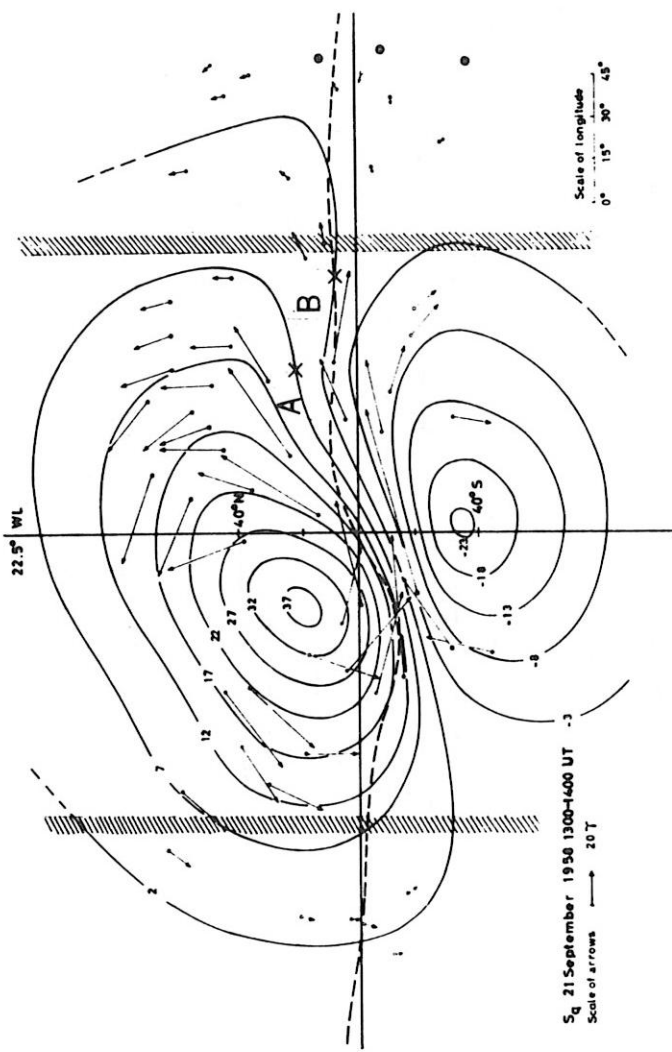


Figure 52
 Schéma de systèmes de courants Sq (d'après D. van Sabben).
 Diagram of Sq current systems (after D. van Sabben).
 (cf. p. 71-72)

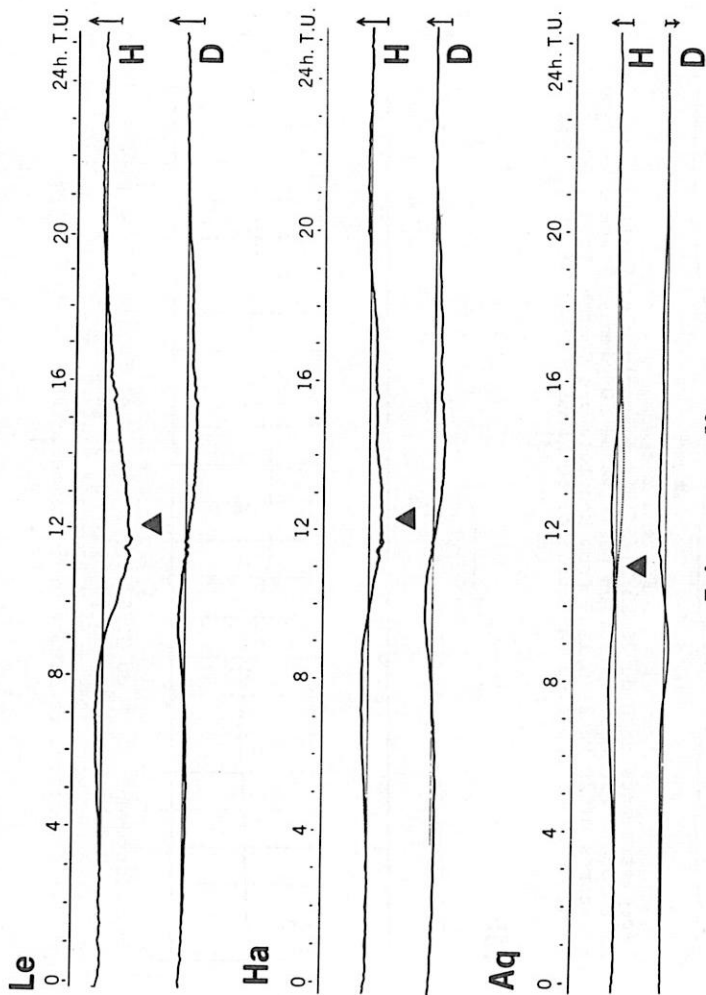


Figure 53

Enregistrements de H et D du 30/1/1960 à Lerwick, Hartland et l'Aquila. Triangles : midi local. Flèches : variation positive (vers l'Est pour D) de 50 gammas. Invasion, type T_h^m et type F_h superposés. H- and D-records of 30/1/1960 from Lerwick, Hartland and Aquila. Triangles : local noon. Arrows : positive variation (eastwards for D) of 50 gammas. Superposition of an invasion, a T_h^m type and an F_h type. (cf. p. 73)

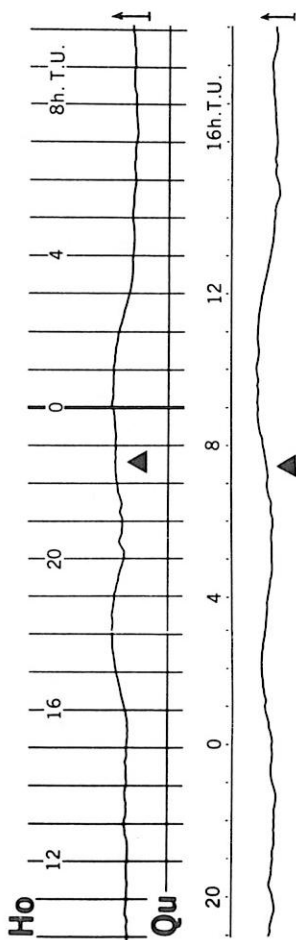


Figure 54

Enregistrements de H du 20 au 21/6/1959 à Honolulu et Quetta. Triangles: midi local. Flèches: variation positive de 50 gammas. Trace d'un type F₁ H-records of 20 to 21/6/1959 from Honolulu and Quetta. Triangles: local noon. Arrows: positive variation of 50 gammas. Trace of an F₁ type. (cf. p. 73)

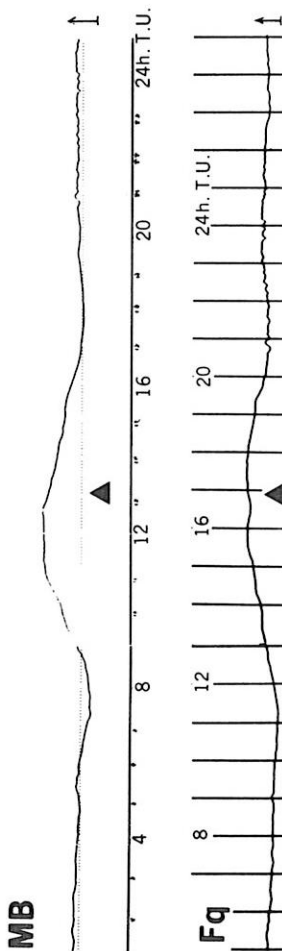
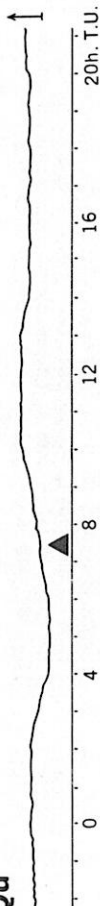


Figure 55

Enregistrements de H du 30/8/1959 à M'Bour et Fuquene. Triangles: midi local. Flèches: variation positive de 50 gammas. Trace d'un type F_h. H-records of 30/8/1959 from M'Bour and Fuquene. Triangles: local noon. Arrows: positive variation of 50 gammas. Trace of an F_h type. (cf. p. 73)

Qu



Ta

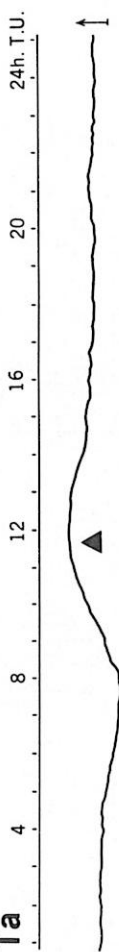
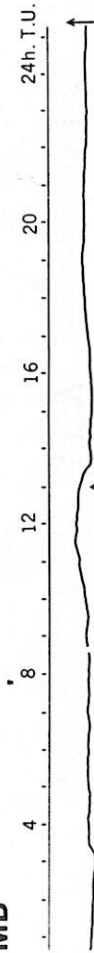


Figure 56

Enregistrements de H du 30/8/1958 à Quetta et Tamanrasset. Triangles: midi local. Flèches: variation positive de 50 gammas. Trace d'un type T_1^m .
 H-records of 30/8/1958 from Quetta and Tamanrasset. Triangles: local noon. Arrows: positive variation of 50 gammas. Trace of a T_1^m type. (cf. p. 73)

MB



Fq

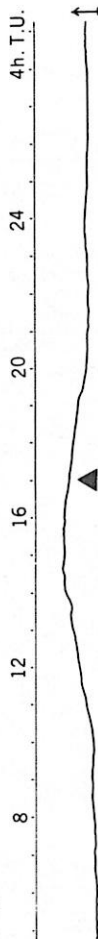


Figure 57

Enregistrements de H du 5/11/1960 à M'Bour et Fuquene. Triangles: midi local. Flèches: variation positive de 50 gammas. Trace d'un type T_1^m .
 H-records of 5/11/1960 from M'Bour and Fuquene. Triangles: local noon. Arrows: positive variation of 50 gammas. Trace of a T_1^m type. (cf. p. 73)

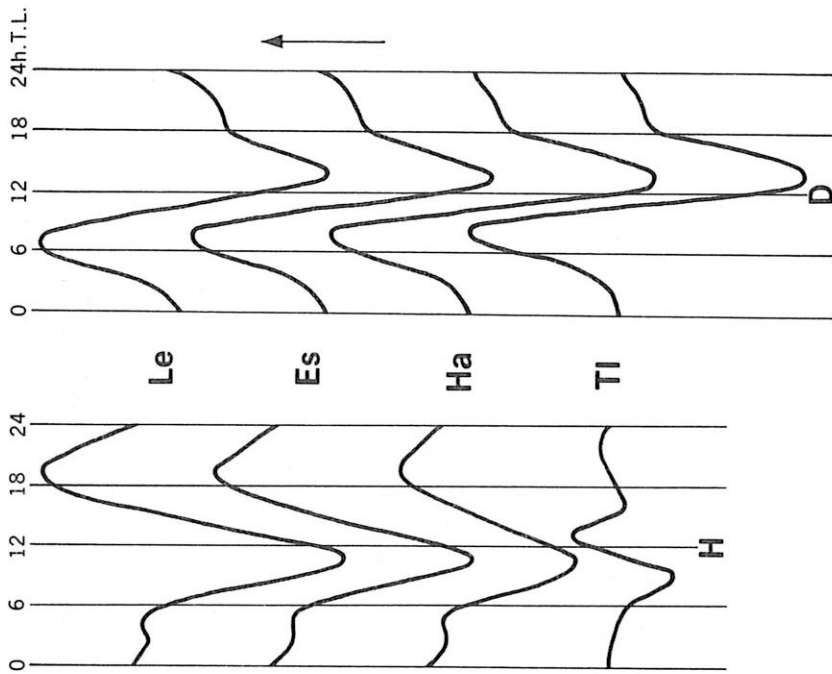


Figure 59

Courbes Sq de H et D (été) à Lerwick, Eskdalemuir, Hartland et Toledo.
 Flèches: variation positive (vers l'Est pour D). Echelle: 2 gammas/heure
 Sq-curves of H and D (summer) at Lerwick, Eskdalemuir, Hartland and Toledo.
 Arrows: positive variation (eastwards for D). Scale: 2 gammas/hour.
 (cf. p. 77)

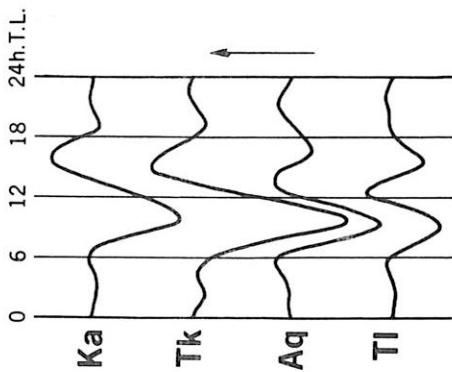
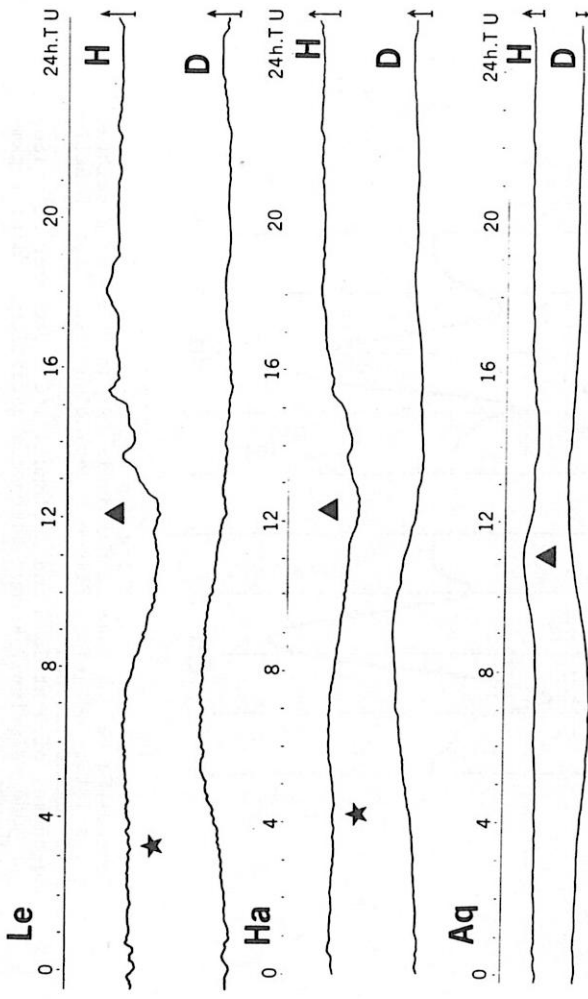


Figure 58

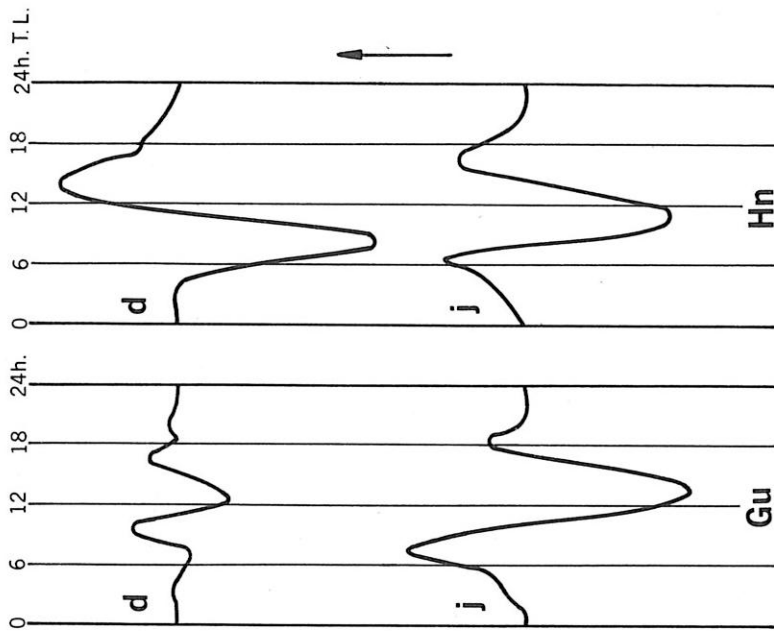
Courbes Sq de X (été) à Kakioka, Tashkent, l'Aquila et Toledo.
 Echelle de 2 gammas par heure.
 Flèche: variation positive.
 Sq-curves of X (summer) at Kakioka, Tashkent, Aquila and Toledo.
 Scale: 2 gammas/hour. Arrow: positive variation.
 (cf. p. 76)



F i g u r e 60

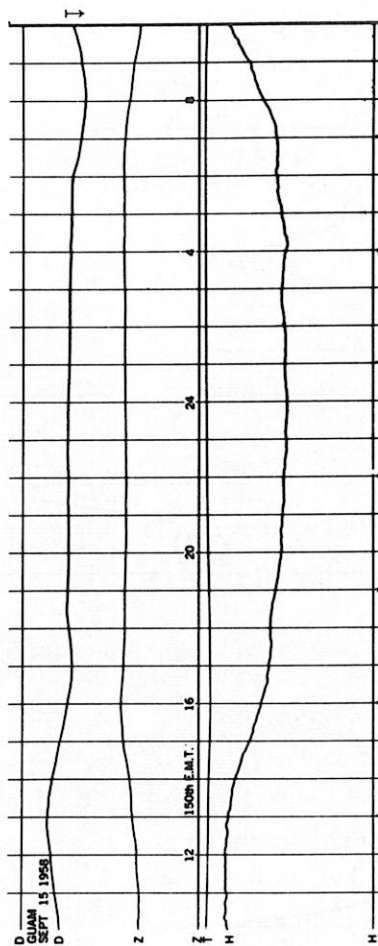
Enregistrements de H et D du 14/5/1959 à Lerwick, Hartland et l'Aquila. Triangles : midi local. Flèches: variation positive (vers l'Est pour D) de 50 gammas. Etoiles : début du maximum matinal sur H.
 H- and D-records of 14/5/1959 from Lerwick, Hartland and Aquila. Triangles: local noon. Arrows: positive variation (eastwards for D) of 50 gammas. Stars : beginning of the morning maximum in H.

(cf. p. 77)

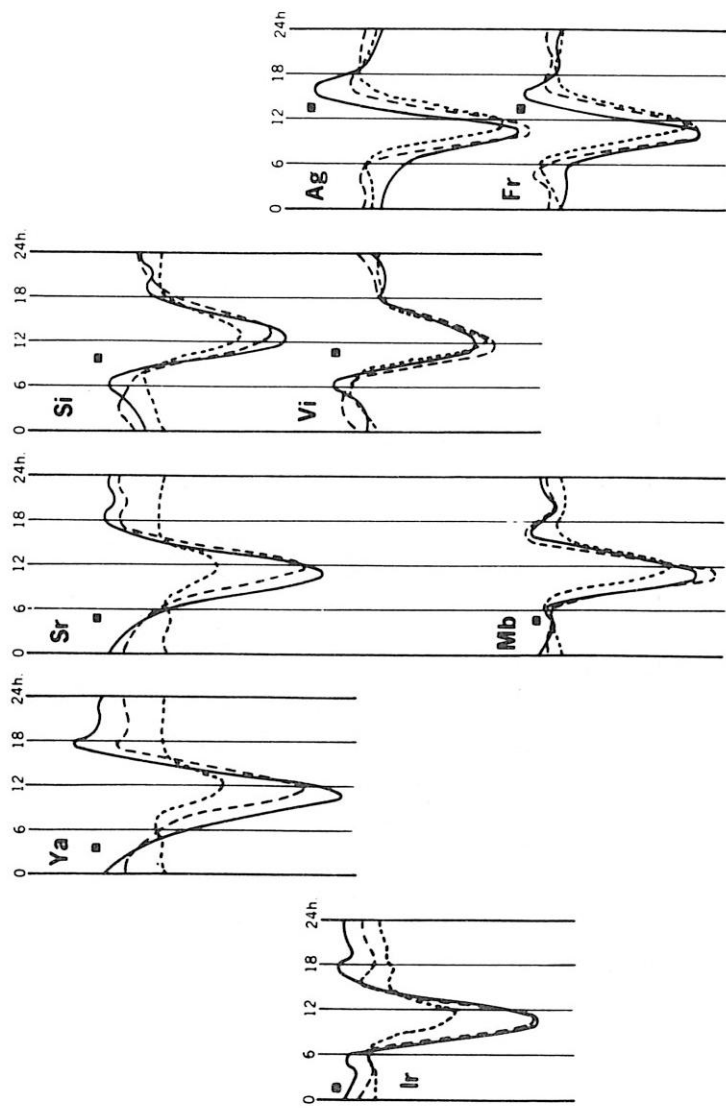


F i g u r e 61
 Courbes Sq de D à Guam et Hollandia (d: solstice de décembre, j: solstice de juin). Flèche: variation vers l'Est. Echelle de 2 gammas par heure.
 Sq-curves of D at Guam and Hollandia (d: december solstice, j: june solstice). Arrow: eastwards variation. Scale: 2 gammas/hour.

(cf. p. 79)



F i g u r e 62
 Enregistrement de Guam. Début brusque (à 6h, le 16/9) ou fin brusque (à 18h30, le 15/9) du SR de D. Guam record. Sudden commencement (at 6h, on 16/9) or sudden end (at 18h30, on 15/9) of the S_P of D. (cf. p. 80)



F i g u r e 63

Courbes Sq de H en diverses stations de l'hémisphère Nord (courbes continues: été, courbes en tirets: équinoxe, courbes en points: hiver). Carrés: 18h30 T.U. Echelle de 2 gammas/heure. (Suite page ci-dessous)

Sq curves of H at various stations of the Northern hemisphere (continuous curves: summer, dashed curves: equinox, point curves: winter). Squares: 18h30 U.T. Scale of 2 gammas/hour. (Continued in following page) (cf. p. 82)

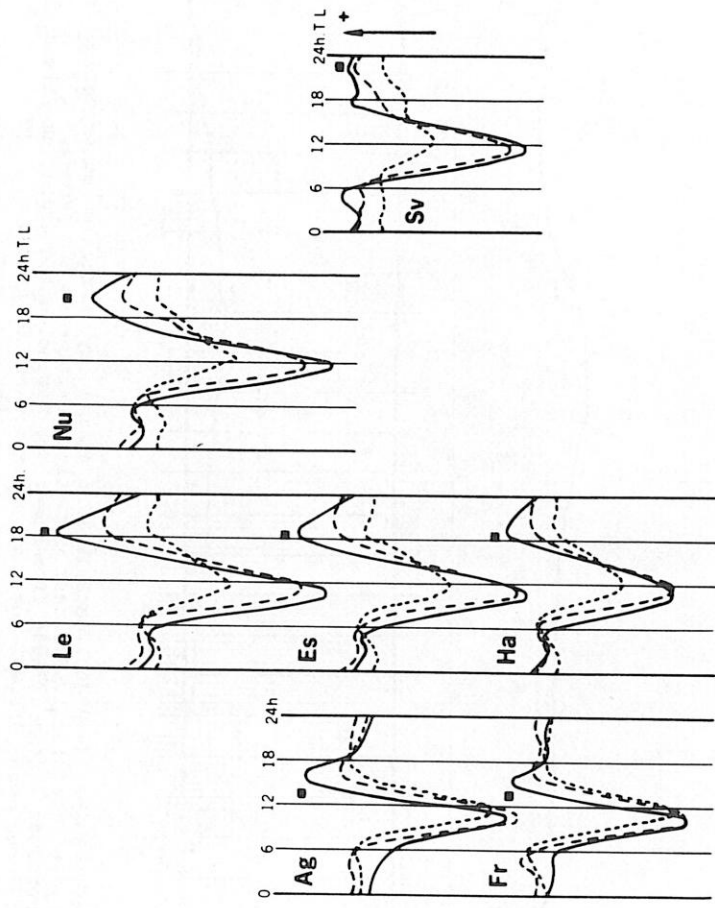
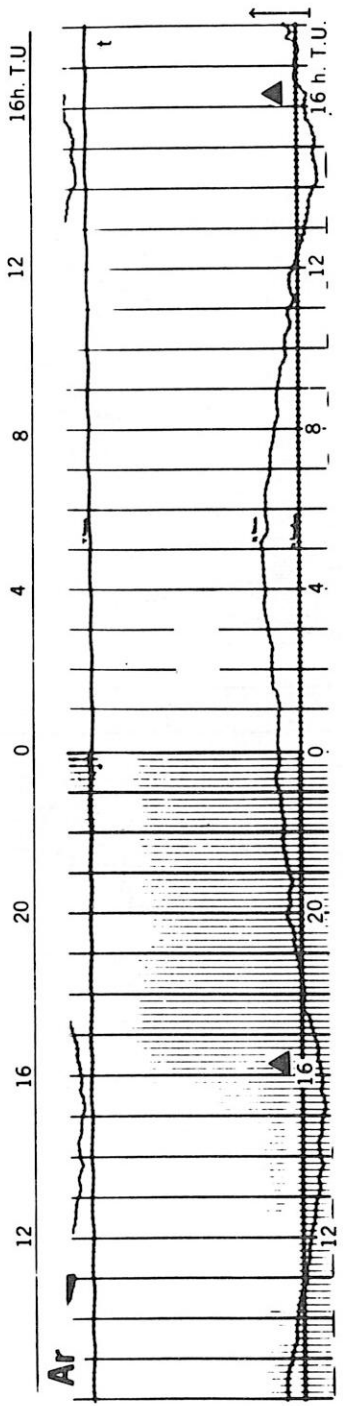
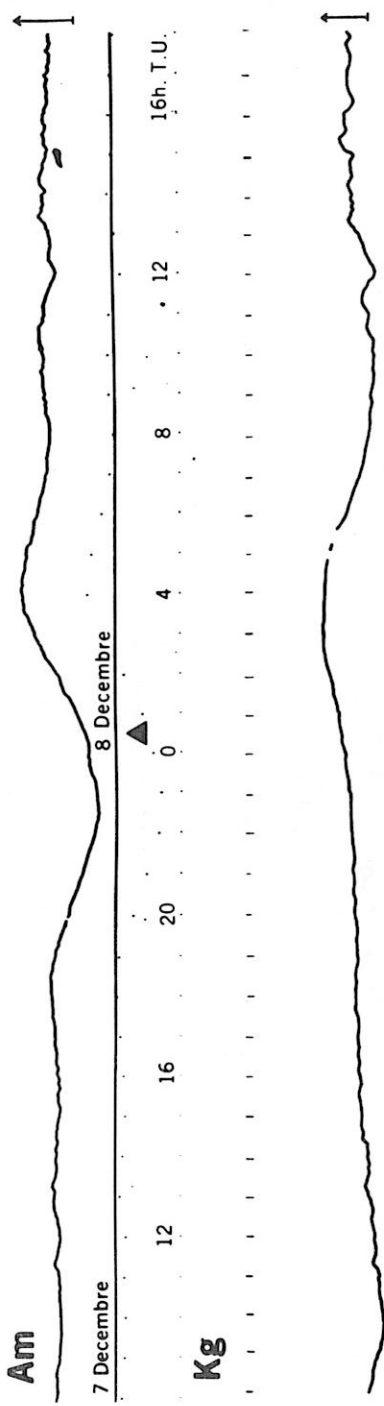


Figure 63
 (Suite de la page précédente)
 (Continued from preceding page)
 (cf. p. 82)



F i g u r e 64
 Enregistrements de H du 7 au 8/12/1958 à Amberley, Kerguelen et Argentine Island.
 Triangles: midi local. Flèches: variation positive de 100 gammas.
 H-records of 7 to 8/12/1958 from Amberley, Kerguelen and Argentine Island. Triangles: local noon. Arrows: positive variation of 100 gammas.
 (cf. P. 83)

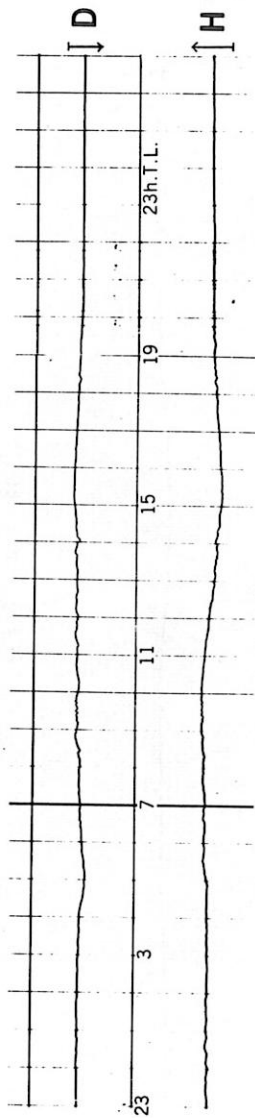
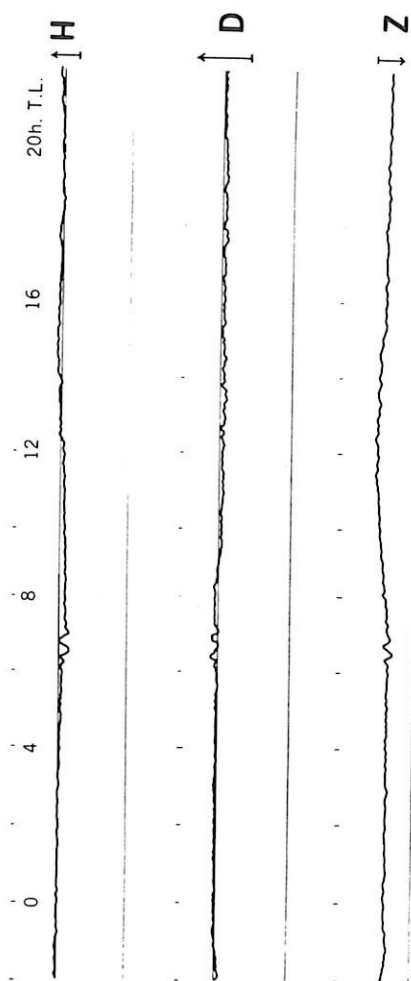
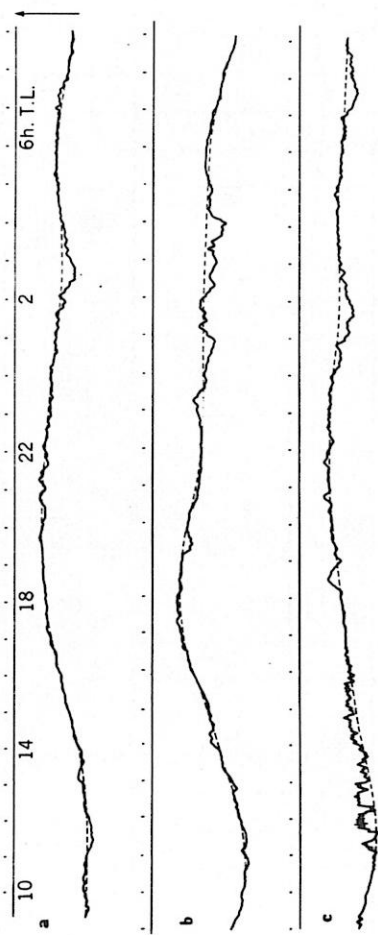


Figure 65
 Enregistrements de H et D du 30/1/1960 à Wilkes. Flèches: variation positive (vers l'Est pour D) de 500 gammas.
 H- and D-records of 30/1/1960 from Wilkes. Arrows: positive variation (eastwards for D) of 500 gammas.
 (cf. p. 84)

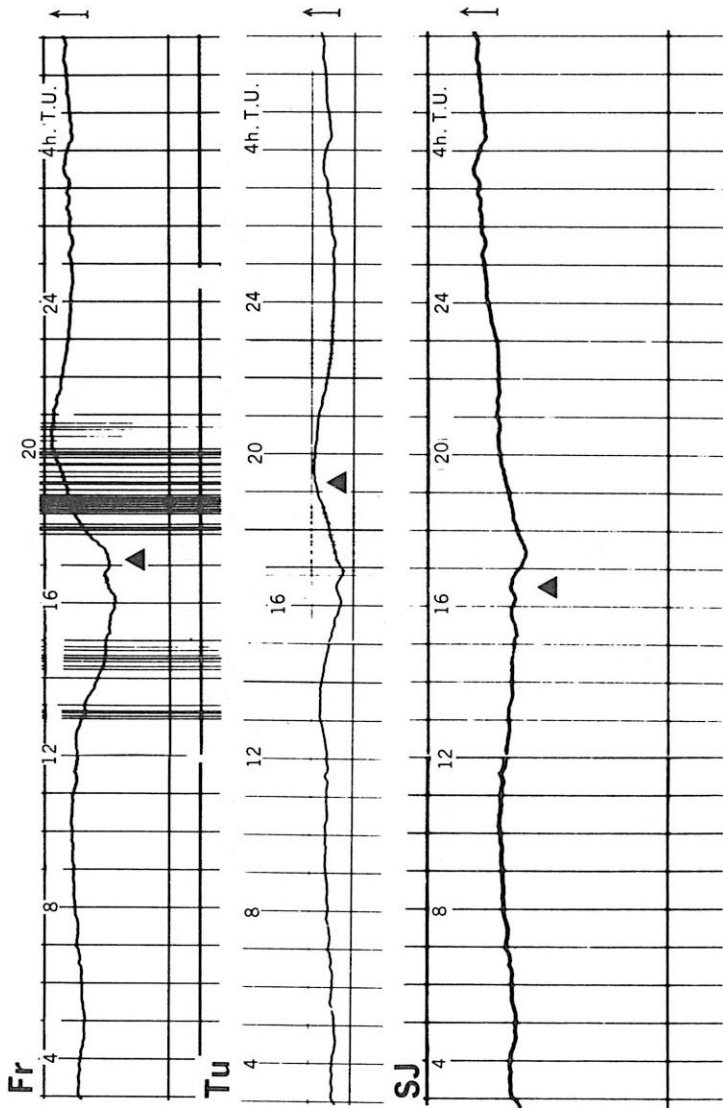


F i g u r e 66
 Enregistrements de H, D et Z du 14/10/1960 à Godhavn. Flèches :
 variation positive (vers l'Est pour D) de 200 gammas.
 H-, D- and Z-records of 14/10/1960 from Godhavn. Arrows : posi-
 tive variation (eastwards for D) of 200 gammas.
 (cf. p. 84)



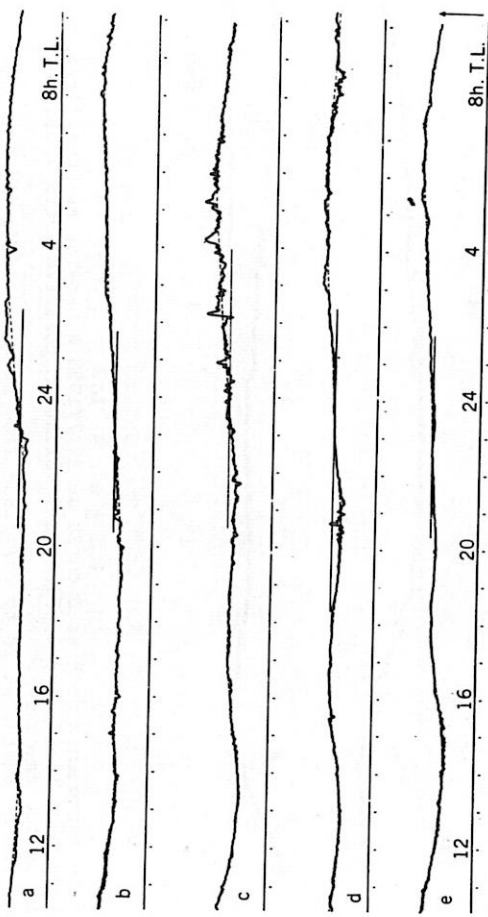
F i g u r e 67

Enregistrements de H à Lerwick: a/ 9-10/7/1960, b/ 20-21/5/1958, c/ 9-10/5/1958. Flèche : variation positive de 100 gammas
 Records of H from Lerwick : a/ 9-10/7/1960, b/ 20-21/5/1958, c/ 9-10/5/1958. Arrow : positive variation of 100 gammas.
 (cf. p. 85)



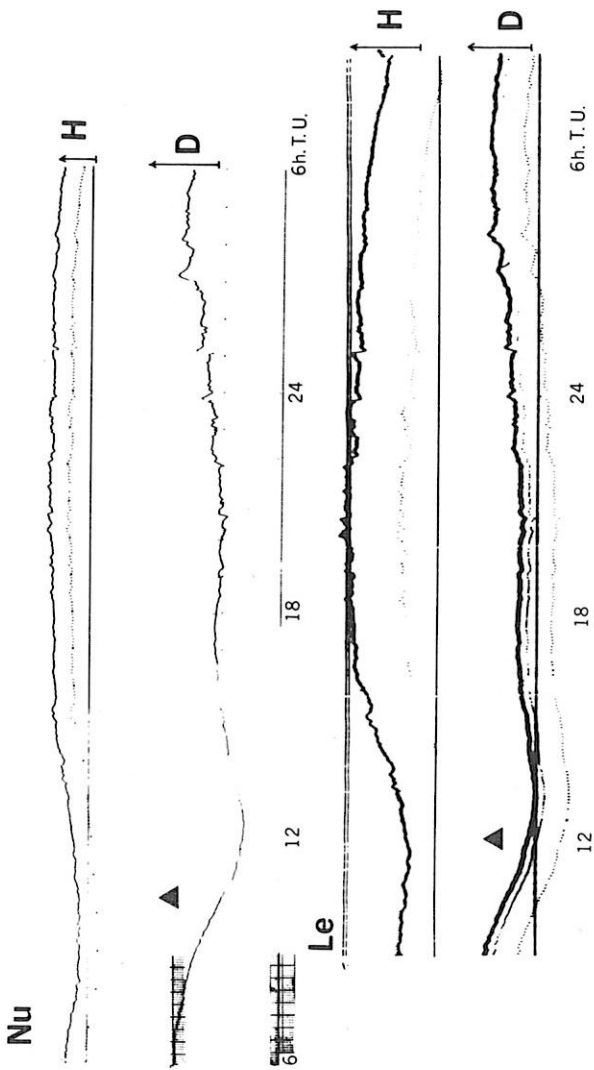
F i g u r e 68

Enregistrements de H du 3/6/1958 à Fredericksburg, Tucson et San Juan. Triangles : midi local. Flèches : variation positive de 50 gammas. H-records of 3/6/1958 from Fredericksburg, Tucson and San Juan. Triangles : local noon. Arrows : positive variation of 50 gammas. (cf. p. 86)



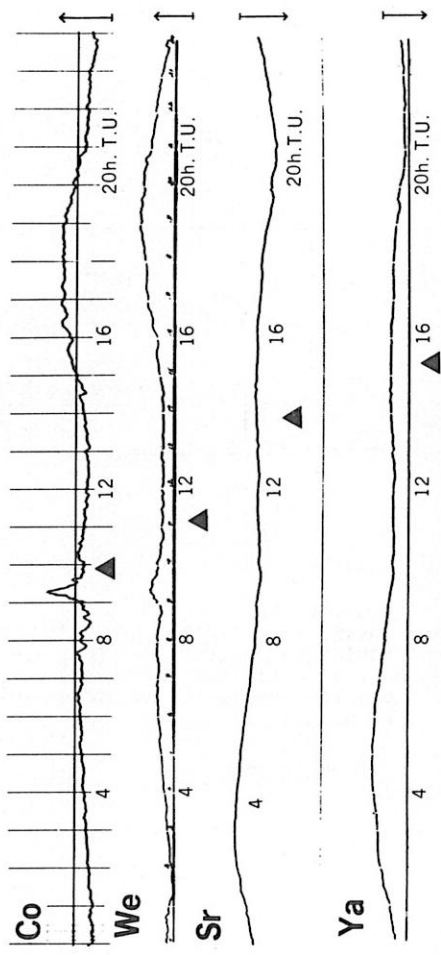
F i g u r e 69

Enregistrements de D à Tromsø: a/ 28-29/5/1959, b/ 2-3/6/1960, c/ 28-29/7/1958, d/ 5-6/8/1960, e/ 24-25/5/1958. Flèche : variation vers l'Est de 100 gammas. Records of D from Tromsø: a/ 28-29/5/1959, b/ 2-3/6/1960, c/ 28-29/7/1958, d/ 5-6/8/1960, e/ 24-25/5/1958. Arrow : eastwards variation of 100 gammas. (cf. p. 86-87)



F i g u r e 70
 Enregistrements de H et D du 28 au 29/7/1958 à Lerwick et Nurmijarvi.
 Triangles : midi local. Flèches : variation positive (vers l'Est pour
 D) de 100 gammas.
 H- and D-records of 28 to 29/7/1958 from Lerwick and Nurmijarvi. Tri-
 angles : local noon. Arrows : positive variation (eastwards for D) of
 100 gammas.

(cf. p. 87)

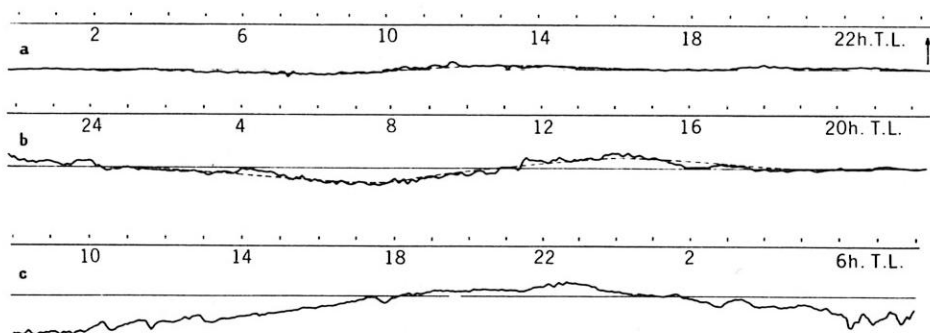


F i g u r e 71

Enregistrements de D du 5 au 6/8/1960 à Collège, Wellen, Srednikan et Yakutsk. Triangles: minuit local. Flèches: variation vers l'Est de 100 gammas.

D-records of 5 to 6/8/1960 from Collège, Wellen, Srednikan and Yakutsk. Triangles: local midnight. Arrows: eastwards variation of 100 gammas.

(cf. p. 87)



F i g u r e 72

Enregistrements de H à Godhavn: a/ 8/11/1960, b/ 21/5/1958,
 c/ 24-25/4/1958. Flèche: variation positive de 200 gammas.
 Records of H from Godhavn : a/ 8/11/1960, b/ 21/5/1958,
 c/ 24-25/4/1958. Arrow : positive variation of 200 gammas.
 (cf. p. 89)

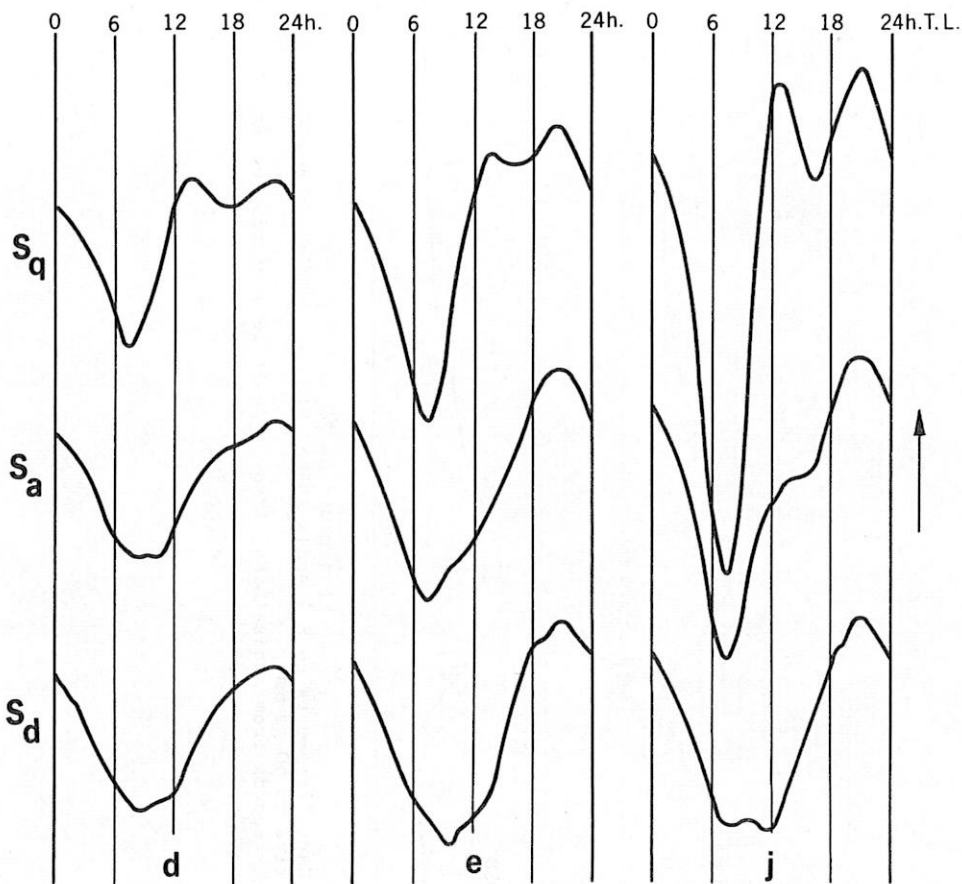


Figure 73

Courbes S_q (2 gammas/heure), S_a (4 gammas/heure) et S_d (6 gammas/heure) de H à Godhavn pour les trois saisons (d : hiver, e : équinoxe, j : été). Flèche : variation positive.
 S_q - (2 gammas/hour), S_a - (4 gammas/hour) and S_d -curves (6 gammas/hour) of H at Godhavn for the three seasons (d : winter, e : equinox, j : summer). Arrow : positive variation.
 (cf. p. 89)

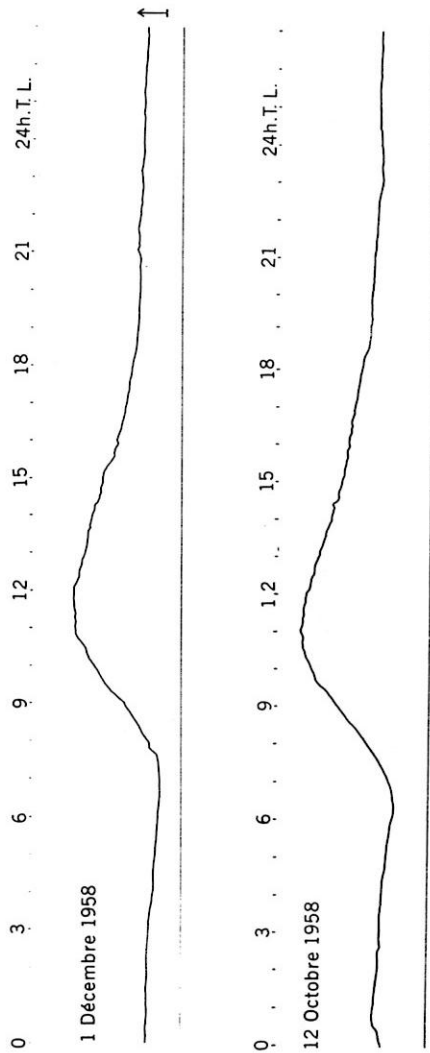


Figure 74
 Enregistrements de H à Addis-Abéba. Flèche : variation positive de 50 gammas.
 H-records from Addis-Ababa. Arrow : positive variation of 50 gammas.
 (cf. p.101)

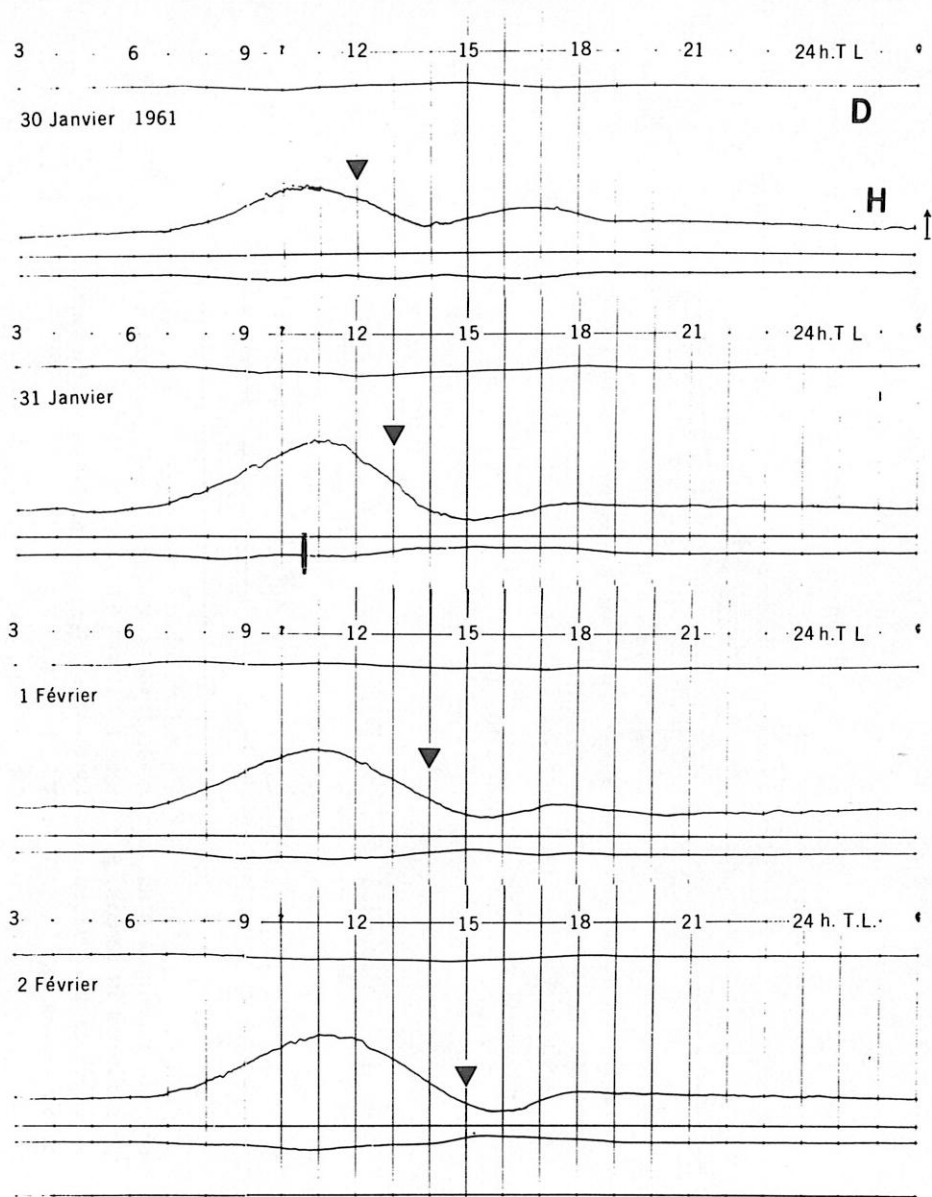


Figure 75

Enregistrements de H à Addis-Abéba. Flèche : variation positive de 50 gammas. ▼ : heure L_n .

H-records from Addis-Ababa. Arrow : positive variation of 50 gammas. ▼ : hour L_n .

(cf. p.102)

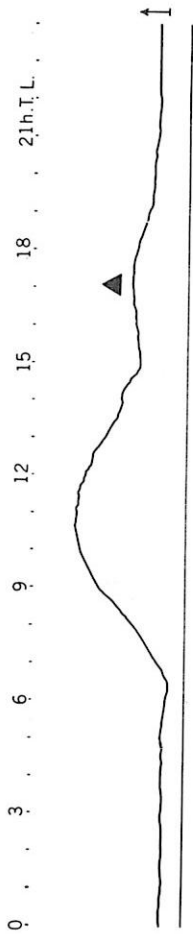


Figure 76

Enregistrement de H du 5/4/1959 à Addis-Abéba. Flèche : variation positive de 50 gammas. ▲ : heure L_p .
 H-record of 5/4/1959 from Addis-Abéba. Arrow : positive variation of 50 gammas. ▲ : hour L_p . (cf. p. 102-103)

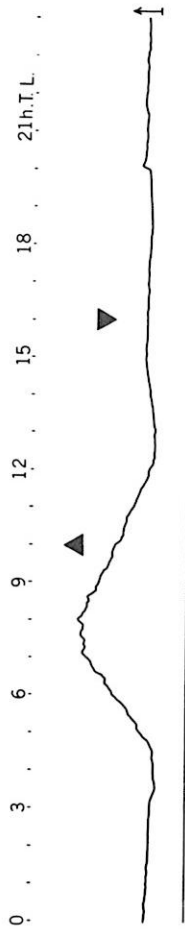
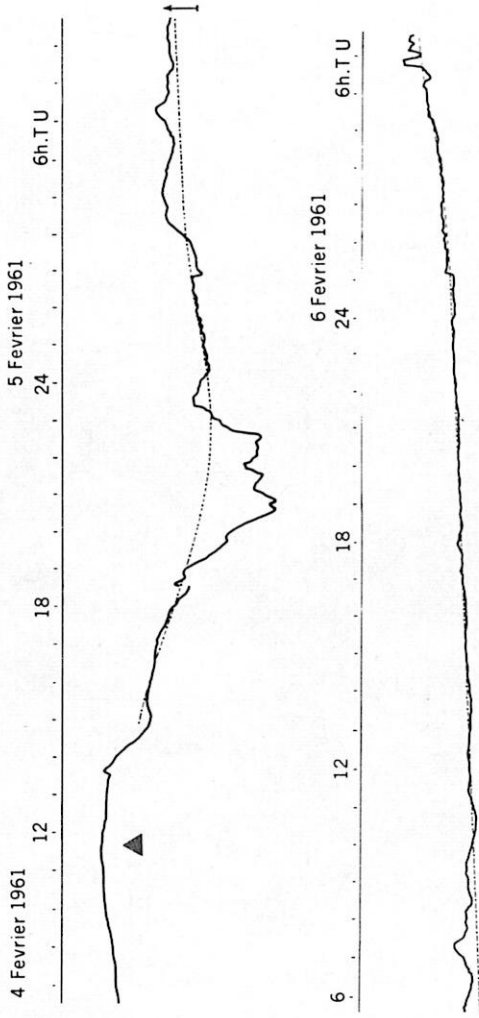
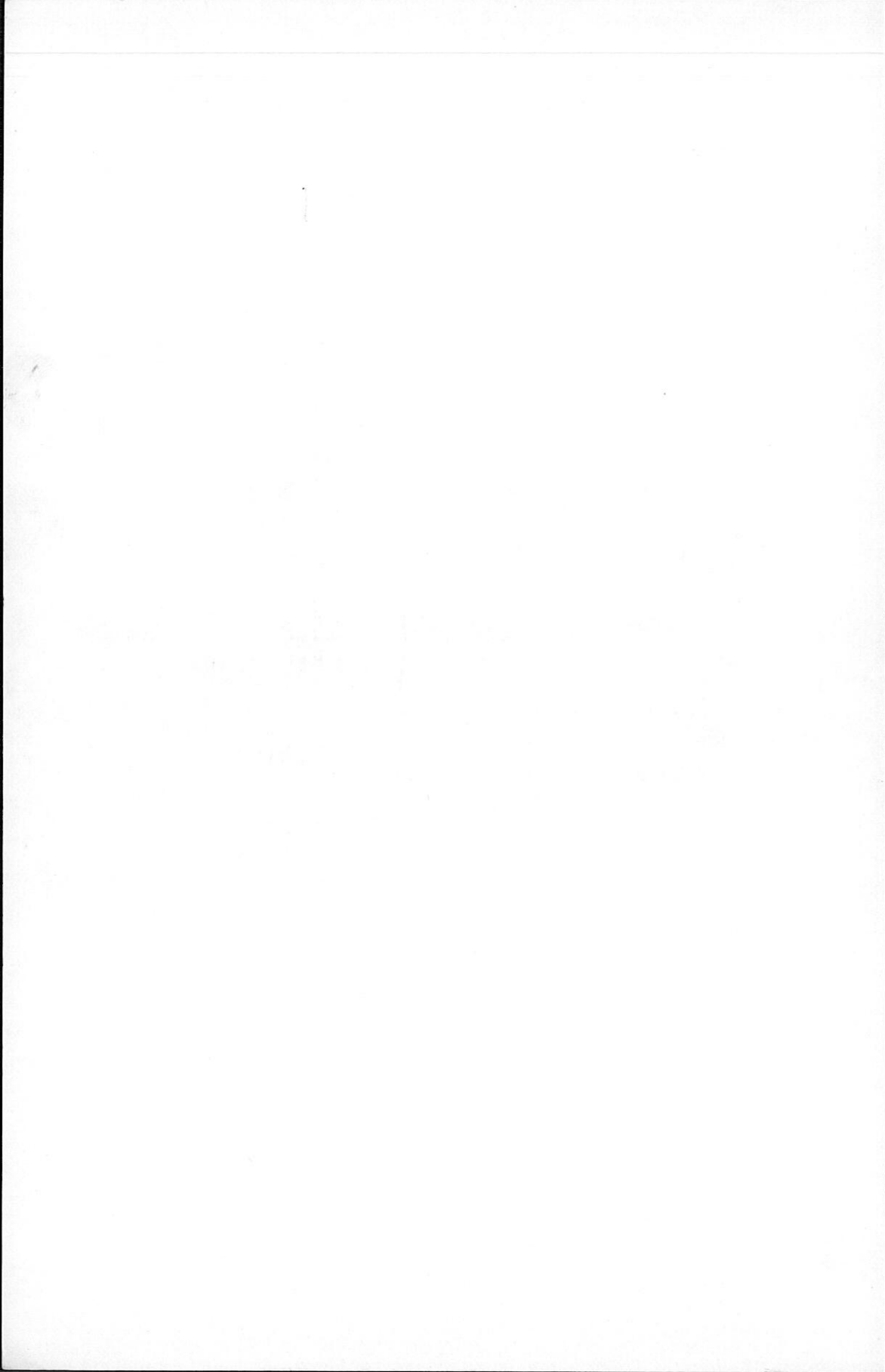


Figure 77

Enregistrement de H du 25/12/1960 à Addis-Abéba. Flèche : variation positive de 50 gammas. ▲ : heure L_p ; ▼ : heure L_n .
 H-record of 25/12/1960 from Addis-Ababa. Arrow : positive variation of 50 gammas. ▲ : hour L_p ; ▼ : hour L_n . (cf. p. 103)



F i g u r e 78
 Enregistrements de H à Tamanrasset. Triangle : midi local. Flèche :
 variation positive de 50 gammas.
 H-records from Tamanrasset. Triangle : local noon. Arrow : positive
 variation of 50 gammas. (cf. p.103-104)



No. 13	Transactions of the Oslo Meeting, 1948	§ 4.60
No. 14	Transactions of the Brussels Meeting, 1951.	„ 4.60
No. 15	Transactions of the Rome Meeting, 1954.	„ 4.60
No. 15a	Le Noyau Terrestre, Rome 1954	„ 1.30
No. 15b	Problèmes de la Physique de la haute atmosphère, 1954	„ 5.30
No. 16	Transactions of the Toronto Meeting, 1957	„ 5.30
No. 16a	Paléomagnétisme et Variation Séculaire, Toronto 1957	„ 2.00
No. 16b	Aéronomie, Toronto 1957.	„ 5.30
No. 16c	Rapid Magnetic Variations, Utrecht 1959.	„ 4.00
No. 17	Transactions of the Helsinki Meeting, 1960 (In preparation)	
No. 18	Geomagnetic Planetary Indices Kp, Ap and Cp, 1932 to 1961.	„ 4.00
No. 19	Transactions of the Berkeley Meeting, 1963 (In preparation)	
No. 20	List of Geomagnetic Observatories.	„ 2.60
No. 21	Atlas of Indices K, 1. Text, 2. Figures	„ 7.50
Caractère Magnétique Numérique des Jours (from 1 January 1930 to 31 December 1939) and Caractère Magnétique Numé- rique des Jours pendant l'Année Polaire 1932 - 1933 (in complete sets only)		„ 5.60
International Auroral Atlas, published for the IUGG, to be obtained from University Press, Edinburgh, 1963.		45 sh.
	IAGA Symposium No. 1, Copenhagen, 1960	§ 8.00
	IAGA Symposium No. 2, Berkeley, 1963.	„ 5.30

PUBLICATIONS

by the

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF GEOMAGNETISM AND AERONOMY

To be obtained from the IUGG Publication Office,
39 ter, rue Gay - Lussac, Paris (V)

No. 1	Organization, Minutes, and Proceedings of the Brussels Meeting, 1919	Out of print
No. 2	General Report of the Rome Meeting, 1922	Out of print
No. 3	Transactions of the Rome Meeting, 1922	§ 2.60
No. 4	General Report of the Madrid Meeting, 1924	Out of print
No. 5	Transactions of the Madrid Meeting, 1924	§ 2.60
No. 6	Preliminary Reports on Subjects of Investigation, 1926	Out of print
No. 7	Comptes Rendus de l'Assemblée de Prague, 1927	Out of print
No. 8	Comptes Rendus de l'Assemblée de Stockholm, 1930	§ 4.85
No. 9	Comptes Rendus de l'Assemblée de Lisbonne, 1933	" 3.70
No. 10	Transactions of the Edinburgh Meeting, 1936	" 4.60
No. 11	Transactions of the Washington Meeting, 1939	" 4.60
No. 12	Geomagnetic Indices, C and K, 1940-1946	" 4.00
No. 12a	Geomagnetic Indices, C and K, 1947	" 1.30
No. 12b	Geomagnetic Indices, K and C, 1948	Out of print
No. 12c	Geomagnetic Indices, K and C, 1949	" 2.00
No. 12d	Geomagnetic K-Indices, International Polar Year, August 1932 to 1933	Out of print
No. 12e	Geomagnetic Indices, K and C, 1950	" 2.30
No. 12f	Geomagnetic Indices, K and C, 1951	" 2.30
No. 12g	Geomagnetic Indices, K and C, 1952	" 2.30
No. 12h	Geomagnetic Indices, K and C, 1953	" 2.30
No. 12i	Geomagnetic Indices, K and C, 1954	" 2.30
No. 12j	Geomagnetic Indices, K and C, 1955	" 2.30
No. 12k	Geomagnetic Indices, K and C, 1956	" 2.95
No. 12l	Geomagnetic Data, 1957, Indices K and C, Rapid Variations	" 4.00
No. 12m1	Geomagnetic Data, 1958, Indices K and C	" 2.60
No. 12m2	Geomagnetic Data, 1958, Rapid Variations	" 2.60
No. 12n1	Geomagnetic Data, 1959, Indices K and C	" 2.60
No. 12n2	Geomagnetic Data, 1959, Rapid Variations	" 2.60
No. 12o1	Geomagnetic Data, 1960, Indices K and C	" 2.60
No. 12o2	Geomagnetic Data, 1960, Rapid Variations	" 2.60
No. 12p1	Geomagnetic Data, 1961, Indices K and C	" 2.60
No. 12p2	Geomagnetic Data, 1961, Rapid Variations	" 2.60
No. 12q1	Geomagnetic Data, 1962, Indices K and C	" 2.60
No. 12q2	Geomagnetic Data, 1962, Rapid Variations	" 2.60
No. 12r1	Geomagnetic Data, 1963, Indices K and C	" 2.60

(Continued inside back cover)