



HAL
open science

Étude du champ électrique terrestre, de l'ionisation atmosphérique et du courant vertical au Scoresby Sund, pendant l'année polaire

A. Dauvillier

► **To cite this version:**

A. Dauvillier. Étude du champ électrique terrestre, de l'ionisation atmosphérique et du courant vertical au Scoresby Sund, pendant l'année polaire. *Journal de Physique et le Radium*, 1935, 6 (10), pp.420-426. 10.1051/jphysrad:01935006010042000 . jpa-00233356

HAL Id: jpa-00233356

<https://hal.science/jpa-00233356>

Submitted on 4 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ÉTUDE DU CHAMP ÉLECTRIQUE TERRESTRE, DE L'IONISATION ATMOSPHÉRIQUE ET DU COURANT VERTICAL AU SCORESBY SUND, PENDANT L'ANNÉE POLAIRE

Par M. A. DAUVILLIER.

Sommaire. — Les trois problèmes fondamentaux de l'électricité atmosphérique sont : la cause de l'ionisation de l'air, le maintien du courant vertical et le mécanisme de la foudre. Le premier, seul, semble résolu. Leur étude dans les régions polaires, où le magnétisme terrestre et l'insolation varient considérablement est particulièrement instructive.

Les précédentes expéditions polaires avaient donné des résultats assez contradictoires, soit par suite d'une durée d'observation insuffisante, de trop grandes difficultés expérimentales rencontrées, ou de moyens insuffisants mis en œuvre.

La plupart des mesures indiquaient une ionisation plus forte que sous nos latitudes, et un courant vertical plus intense, faits non vérifiés par la présente étude.

Le champ électrique, enregistré en deux stations distinctes, accuse une valeur moyenne annuelle de 71 v/m avec un maximum en novembre (95 v/m) et un minimum en avril-mai (59 v/m). La variation diurne est très apparente en hiver (onde simple, maximum : 105 v/m à 18 h Gr ; minimum : 72 v/m à 2 h). Elle diminue pour s'annuler en mai, époque du champ minimum et reparait dès juillet.

Le champ est influencé par divers facteurs météorologiques tels que la neige, la pluie, le vent, non par la pression, la température et l'humidité. Il ne dépend pas de l'activité aurorale.

La conductibilité électrique de l'air, étudiée par des mesures directes diurnes et nocturnes, et par des enregistrements continus, montre une très forte dissymétrie des conductibilités dues aux ions des deux signes $\lambda + = 1,40.10^{-4} \text{ sec}^{-1}$, $\lambda - = 1,06.10^{-4} \text{ sec}^{-1}$ et une conductibilité moyenne annuelle ($\gamma = 2,46.10^{-4} \text{ sec}^{-1}$) moindre que sur les océans. La variation diurne, qui disparaît aussi en avril-mai, est inverse de la variation du champ. La conductibilité, très constante durant l'hiver et le printemps, croît rapidement en été. Ces résultats sont interprétés quantitativement par l'ionisation due aux rayons cosmiques et la radio-activité du sol.

La conductibilité est influencée par divers facteurs météorologiques, mais non par l'activité aurorale.

Le nombre des petits ions est supérieur au Scoresby Sund (10^3) à ce qu'il est dans nos régions. La mobilité des ions négatifs est plus grande que celle des ions positifs.

Le courant vertical montre une variation diurne analogue à celle de la conductibilité. Sa variation annuelle est accusée : il présente une onde simple avec minimum à l'équinoxe de printemps. Sa valeur moyenne est faible ($i = 1,7.10^{-16} \text{ A/cm}^2$.) notablement moindre que sur les Océans.

L'auteur discute le problème de l'origine de ce courant et l'attribue à une cause cosmique.

Le champ électrique terrestre est dû à ce courant. Le champ est moitié moindre, au Scoresby Sund, que sur les Océans, non par suite d'une conductibilité plus grande, mais à cause d'un courant vertical apparemment moindre dans les régions polaires.

Introduction. — L'étude de l'électricité atmosphérique, fréquemment tentée dans les régions polaires, s'y heurte à de si grandes difficultés expérimentales, qu'elle n'a pas encore, jusqu'ici, donné des résultats définitifs et certains.

Cependant, l'origine de l'ionisation atmosphérique sur les océans et dans les régions du globe recouvertes de neige et de glace, c'est-à-dire où la radio-activité du sol et de l'atmosphère sont négligeables, pose un problème étroitement lié à l'étude du rayonnement cosmique qui demeure alors le seul agent ionisant connu. — Il est, en outre, également important de connaître le champ électrique terrestre, conséquence du mystérieux courant vertical, dans les régions polaires, où le champ magnétique est intense et où l'ionisation des couches élevées de l'atmosphère est particulièrement forte, par suite de la fréquence et de l'intensité des aurores.

Mais, avant d'exposer les résultats des mesures effectuées au Scoresby Sund (lat. : $70^{\circ} 29' \text{ N}$, long. : $24^{\circ} 57' \text{ W}$. Gr.; alt. : 40 m) pendant l'année polaire 1932-1933,

nous allons rappeler brièvement les conclusions des recherches effectuées dans les régions arctiques et antarctiques, par les précédentes expéditions polaires.

Pendant la première année polaire 1882-1883, S. A. Andrée⁽¹⁾ fit au Cap Thor Jensen, au Spitzberg, des mesures du champ électrique, dans des conditions précaires, et trouva un champ très faible. Ce résultat fut contredit par 17 mesures effectuées par Béhounek à Kingsbay en avril et en mai 1926⁽²⁾. Ce savant observa un champ in'ense ($E_m = 191 \text{ V/m}$) et une conductibilité faible ($\lambda_m = 1,79.10^{-4} \text{ sec}^{-1}$). En 1913-1914, Hoffmann y avait, au contraire, trouvé une très forte conductibilité ($\lambda_m = 4,95.10^{-4} \text{ sec}^{-1}$) et Swann⁽³⁾ en août 1914, lors de la croisière du *Carnegie* près des côtes du Spitzberg, des valeurs variant de 1,58 à $3,23.10^{-4} \text{ sec}^{-1}$, en accord avec Béhounek.

Dans ses deux hivernages sur la côte orientale du

(1) ANDRÉE *Expédition Suédoise 1882-1884-t. II, Electricité atmosphérique*, Stockholm, 1886.

(2) F. BEHOUNEK. *Journ. de Phys.*, 1927, t. 5, p. 161.

(3) SWANN. *Bull. of the Nat. Res. Council*, 1922, t. 3, p. 72.

Grönland, à Danmarks Havn, A. Wegener ⁽¹⁾ poursuivant les mesures interrompues par la mort tragique de Mylius-Erichsen, fit, dans des conditions très difficiles, quelques enregistrements du champ (moyenne : $E_m = 67$ V/m) pendant les étés 1907 et 1908, ainsi que des mesures de conductibilité durant une trentaine de jours au printemps et en été. La conductibilité moyenne observée fut très élevée : $\lambda_m = 5,53.10^{-4}$ sec⁻¹.

En outre, 7 mesures du courant vertical donnèrent une valeur : $i_m = 4,3.10^{-16}$ A/cm², deux fois plus grande que sous nos latitudes.

Au nord du détroit de Behring, pendant l'expédition du *Maud* ⁽²⁾, la valeur moyenne du champ fut trouvée être de 120 V/m.

Dans l'Antarctique des mesures du champ furent exécutées, avec des moyens primitifs, au Cap Horn (56°S) par la Mission française de l'Année polaire 1882-1883; par Bernacchi lors de l'expédition de la *Discovery* ($E_m = 88$ V/m) et par Rey ($E_m = 69$ V/m) à la Terre de Graham en 1914. Rey, confrontant les diverses mesures effectuées dans l'hémisphère austral, arriva à cette conclusion que le champ y était minimum en juin comme dans notre hémisphère, et, puisqu'il était ainsi indépendant des saisons, qu'il était lié à la position de la terre sur l'écliptique, et était donc attribuable à une cause cosmique.

Cet important résultat fut contrôlé par les enregistrements plus précis de Rouch ⁽³⁾ à l'île Petermann (65° S) en 1908 — où la valeur moyenne du champ fut trouvée être de 163 V/m. La variation annuelle était très accentuée (1 à 3) et synchrone de l'hémisphère Nord. La conductibilité, mesurée avec un appareil de Gerdien était élevée ($\lambda = 4,2.10^{-4}$ sec⁻¹) si bien que le courant vertical atteignait une grandeur exceptionnelle ($i = 7,1.10^{-16}$ A/cm²).

D'après ces résultats, il semblait que la conductibilité et le courant vertical étaient particulièrement élevés dans les régions polaires. On peut penser cependant que les mesures anciennes, qui accusent un champ faible et une forte conductibilité, sont entachées de défauts d'isolement, car les travaux récents montrent des valeurs peu différentes de celles observées sous nos latitudes.

Ainsi, les 10 mesures de conductibilité effectuées dans de bonnes conditions par Malmgren ⁽⁴⁾ lors de la traversée du Pôle Nord par le *Norge* en mai 1926, donnent :

$\lambda = 3,44.10^{-4}$ sec⁻¹ à l'altitude moyenne de 500 m, en accord avec les valeurs observées en Europe. De même, les mesures de Behounek ⁽⁵⁾ effectuées durant les voyages analogues de l'*Italia* en 1928, donnent une moyenne de $\lambda = 4,05.10^{-4}$ sec⁻¹ à la même altitude,

(1) LÜDELING. *Meddelelser om Grönland*, Bind XLII, p. 79-III 1912.

(2) FISK et FLEMING. *Observations Mauds Expedition* 1918 1925; *Terr. Magn.*, mars 1928, t. 34, p. 37.

(3) ROUCH. *C. R.*, juillet 1910, t. 151, p. 225; *Rev. Gen. Sc.*, 1927, t. 37, p. 242.

(4) MALMGREN et BEHOUNEK. *C. R.*, mai 1927, t. 184, p. 1485.

(5) BEHOUNEK. *Terr. Magn.*, t. 34, p. 178, sept. 1929.

en bon accord avec les précédentes. Durant ces voyages, le champ ne put être mesuré par suite de la charge électrique des aéronefs due à l'échappement des moteurs.

Les quelques mesures modernes que nous possédons ne semblent donc pas déceler, dans les régions polaires, des conditions différentes de celles régnant sur les Océans à de plus basses latitudes. Les campagnes du *Carnegie* ⁽¹⁾ ont montré que le champ y était, en moyenne, égal à 135 V/m d'octobre à mars, et à 117 V/m d'avril à septembre; que la variation diurne y affectait la forme d'une onde simple présentant un minimum à 4 h (G. M. T.) et un maximum à 19 h, *synchrone pour toute la Terre*.

La conductibilité y est voisine de $\lambda = 3,0.10^{-4}$ sec⁻¹ et légèrement plus élevée pendant le jour que durant la nuit, contrairement aux stations continentales.

Cependant, les mesures effectuées sous de hautes latitudes étaient trop peu nombreuses et trop discontinues pour élucider la question, et il était nécessaire d'effectuer durant l'Année Polaire, des enregistrements prolongés dans de meilleures conditions expérimentales.

Grâce à l'organisation d'un laboratoire bien outillé, disposant d'un chauffage central continu et d'un secteur électrique permanent, j'ai pu effectuer ces mesures durant le séjour de l'Expédition française de l'Année Polaire au Scoresby Sund ⁽²⁾.

Pour la première fois, des mesures d'électricité atmosphérique prolongées pouvaient, grâce à ces conditions privilégiées, être effectuées dans une région polaire avec toute la précision et la sécurité désirables.

Il est, en effet, bien évident que des mesures électrométriques aussi délicates, bien plus difficiles à réaliser que la mesure des rayons cosmiques, ne peuvent être exécutées correctement, ni en plein air, ni dans un local habité ou chauffé par des moyens de fortune, comme cela était le cas dans les précédentes expéditions ayant hiverné dans les régions arctiques et antarctiques.

Les mesures ont porté sur le champ électrique terrestre, les conductibilités dues aux ions des deux signes, la teneur en petits ions, leur mobilité et sur le courant vertical.

I. — Le champ électrique.

Méthode de mesure. — Le champ électrique a été enregistré depuis le 8 novembre 1932 ⁽³⁾ jusqu'au 12 août 1933, simultanément en deux stations distinctes. Celles-ci furent d'abord une ligne (type Norinder, station L), permettant une mesure absolue et une instal-

(1) MAUCHLY. Pub. n° 175, vol. 5, Carnegie Inst., p. 385, 1926.

(2) Voir: *J. de Phys.*, avril 1934, t. 5, p. 398; septembre 1934, t. 5, p. 453 et déc. 1934, t. 5, p. 610.

(3) Le problème primordial des transports absorba toute notre activité durant les mois d'août et de septembre et l'aménagement intérieur des laboratoires ne fut terminé que fin octobre.

lation (station P) à canne horizontale, contiguës au laboratoire (voy. fig. 3). Deux stations indépendantes sont en effet indispensables pour dépister de suite tout défaut d'isolement. Les électromètres enregistreurs de Benndorf furent disposés dans le laboratoire afin de pouvoir les chauffer en permanence et les surveiller fréquemment.

Les quadrants étaient connectés à des batteries d'accumulateurs au nickel-cadmium (S. A. F. T.) de 1,3 ampères-heures, qui ne furent chargées qu'une seule fois, avant les enregistrements, et qui assurèrent une tension constante, à 3 pour 100 près, durant toute l'année. Le coefficient de température de la force électromotrice de ces éléments ne dépasse pas 7.10^{-4} volt/degré centigrade et était par conséquent négligeable. Les deux électromètres de Benndorf étaient chargés en parallèle et leurs sensibilités réglées à des valeurs différentes en modifiant l'écartement des brins du bifilaire supportant l'aiguille.

Avec des tensions de ± 126 volts, les sensibilités furent respectivement de 11,0 V/m par mm (L) et de 3,3 V/m (P). Les elongations étaient symétriques et proportionnelles aux tensions. Les pointés étaient effectués chaque minute (1).

La capacité de ces enregistreurs étant notable, l'inertie atteignait 5 min pour 100 volts d'elongation. Cette inertie, qui serait préjudiciable pour l'étude des variations rapides du champ, facilite sa mesure moyenne horaire à l'intégraphe.

Les prises de potentiel à l'ionium I donnèrent toute satisfaction ; elles ne perdirent pas leur activité sous l'influence du chasse-neige qui régna durant une partie de l'année.

La traversée de la double paroi de bois B du laboratoire était réalisée au moyen de bouchons d'ambre A chauffés en permanence par des lampes de 25 watts. Comme isolateur extérieur d'extrémité de ligne, j'ai

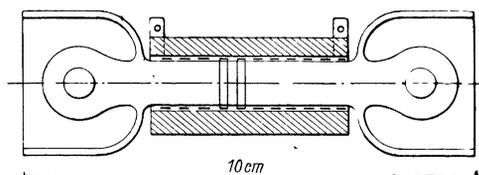


Fig. 1.

utilisé l'isolateur en silice à chauffage électrique (2) représenté sur la figure 1, et dont le ruban de nichrome absorbe une dizaine de watts. Il fut naturellement

(1) Ces électromètres gagneraient beaucoup à être reconstruits sous une forme moderne : boîtier métallique vitré étanche d'enregistreur, papier perforé à coordonnées rectilignes, étalonné, réenrouleur automatique, mise au zéro horaire échelle de lecture, suppression du vase à acide sulfurique amortisseur électro magnétique, impression mécanique directe par le mouvement d'horlogerie ou un moteur synchrone. Un tel appareil sera prochainement établi.

(2) A. DAUVILLIER. *Rev. Gen. Elect.*, 9 avril 1932, t. 1. Ces isolateurs ont été construits par la « Verrière Scientifique ».

indispensable d'utiliser partout à l'extérieur des isolateurs d'ambre ou de silice chauffés électriquement durant toute l'année, pour prévenir tout dépôt de givre.

Le niveau du sol variant perpétuellement par le jeu incessant de l'enneigement et du chasse-neige, j'ai utilisé des sols artificiels S constitués par des treillages métalliques de 1,50 m de largeur, tendus horizontalement à plus d'un mètre au-dessus du sol.

Cependant, dès le début de janvier, la ligne disparut complètement sous une épaisseur de 5 m de neige, et dut être abandonnée le 23. La seconde installation fut aussi ensevelie durant chaque tourmente de neige, mais put être chaque fois déblayée. La première station fût alors reportée (station K) à 600 m de distance, presque au niveau de la mer, dans le living-room de l'agent radiotélégraphiste danois M. Kaldahl, qui voulut bien en surveiller le fonctionnement.

Cette troisième station, à canne horizontale identique à la station P, fut étalonnée au moyen d'une ligne provisoire et fonctionna du 27 janvier au 11 juillet 1933 (1).

La station française étant édiflée à 40 m d'altitude sur le flanc d'un escarpement rocheux assez abrupt, cette situation n'était guère favorable à des mesures correctes du champ. La station K, au contraire, située au voisinage immédiat du fjord et dans une situation bien dégagée, se trouvait en terrain plat, sur un promontoire exposé au vent, où la neige ne s'accumulait pas.

En outre, j'ai utilisé, pour les mesures sur le terrain (fjord gelé, Hvide Fjeld : 800 m d'altitude) et l'étude des variations rapides du champ, deux appareillages aisément transportables. Le premier, à lecture directe, comporte un voltmètre électrostatique Szilard (2) de 300 volts, monté sur un trépied métallique, muni d'un léger tube télescopique portant la prise de potentiel.

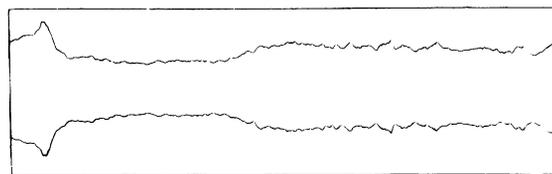


Fig. 2.

Le second, qui permet des mesures absolues, consiste en une ligne en fil d'acier tendue entre deux trépieds à 1 m au dessus du sol et connectée à un électromètre enregistreur photographique de Kolhörster (3). Cet électromètre, sensible (230 V/160 d), de faible capacité ($c = 2,43$ cm), robuste et peu encombrant,

(1) Deux stations indépendantes et éloignées sont indispensables pour prouver la correction des mesures.

(2) B. SZILARD. *C. R.*, Nov. 1913, t. 157, p. 763.

(3) W. KOLHORSTER. *Z. Physik*, 1928, t. 47, p. 449.

fonctionne dans toutes les positions sans batteries auxiliaires. La figure 2 représente un tel enregistrement du champ obtenu en 1 h. Les 20 cm de papier photographique sont normalement déroulés en 24 h.

La direction générale du vent au Scoresby Sund, était le nord-est. Les bâtiments étant orientés nord-sud, les fumées provenant des cheminées de la station, situées à 23 m au nord des installations d'électricité atmosphérique, non plus que les gaz d'échappement des groupes électrogènes, ne pouvaient apporter de perturbations. Les antennes (mâts Casanova) étaient assez éloignées pour ne pas déformer le champ plus qu'il ne l'était par la nature accidentée du terrain. Le plan schématique des stations L et P est représenté sur la figure 3.

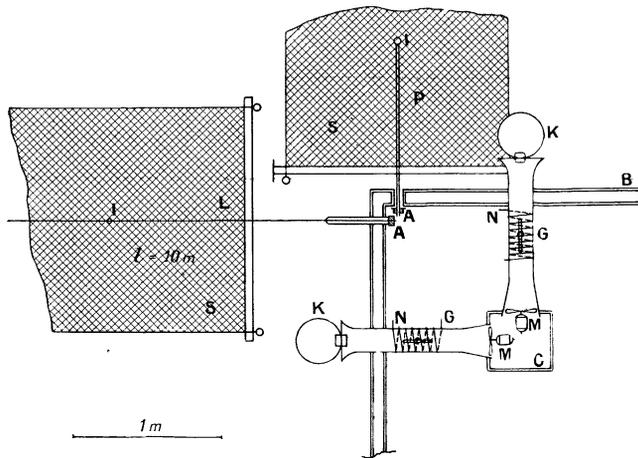


Fig. 3.

Résultats. — Le champ électrique a été très fréquemment perturbé au Scoresby Sund, par des conditions météorologiques sévères. Pendant les tourmentes, les isolateurs extérieurs, même fortement chauffés, étaient rapidement court-circuités par la neige poudreuse très ténue qui s'infiltrait partout. Pendant le chasse-neige, toute mesure était impossible, par suite de la forte charge positive apportée par les cristaux de glace. Dans ces conditions, l'antenne isolée du poste radiotélégraphique se chargeait à quelque 20 kV, en quelques secondes. Même pendant les périodes de vent, il y avait toujours assez de microcristaux de glace dans l'air pour communiquer de fortes charges positives aux dispositifs isolés, munis ou non de leurs prises de potentiel. Les mesures n'ont donc porté que sur les périodes de temps relativement calmes et celles-ci ont été divisées en deux groupes, les périodes de beau temps, à champ normal, et les périodes perturbées.

Les nombreuses courbes enregistrées au Scoresby Sund ont été planimétrées par les soins de l'Office National météorologique⁽¹⁾ afin d'obtenir des moyennes

⁽¹⁾ Ce travail n'a pu être effectué que grâce au bienveillant concours de M. WENDELÉ, directeur de l'Office National Météorologique. J'adresse mes remerciements à M. GUIRAUD, météorologiste principal, pour le soin avec lequel il a effectué ces mesures à l'intégralité.

horaires précises. Deux méthodes s'offrent pour effectuer ce dépouillement : on peut, tout d'abord, sélectionner les seules valeurs horaires pendant lesquelles le champ est demeuré sensiblement constant et calme, en écartant les valeurs négatives et celles supérieures à la normale.

Bien que cette méthode paraisse parfaite, elle introduit, néanmoins, un certain arbitraire dans le choix des valeurs dites « normales » et elle n'était pas applicable dans le cas présent, le nombre de ces valeurs étant trop faible pour permettre une statistique portant sur une seule année. Nous avons donc utilisé toutes les valeurs positives et négatives, à l'exception de celles, fortement perturbées par le vent, le chasse-neige ou la pluie, sortant temporairement de l'échelle des enregistreurs.

Au total 8 369 valeurs moyennes horaires ont été retenues.

Nous verrons que le choix de cette méthode de dépouillement semble justifié par le caractère cohérent des résultats obtenus. Le Tableau I présente le matériel utilisé pour l'étude statistique des variations du champ.

Les moyennes mensuelles horaires ont été calculées pour les trois stations afin d'étudier statistiquement la variation diurne au cours de l'année. Les moyennes mensuelles totales donnent ensuite la variation annuelle.

Enfin, la moyenne de toutes ces valeurs donne la grandeur annuelle du champ. Celle-ci a été trouvée être de 71 V/m pour chacune des deux stations P et K.

La variation annuelle est représentée graphiquement sur la figure 4. Elle correspond à une onde simple dont le minimum est en avril, pour la station P et en mai pour la station K. Les stations voisines L et P ont donné, comme on le voit, des valeurs identiques⁽¹⁾.

Le mois de janvier, très fortement perturbé par des tourmentes de neige presque ininterrompues, s'écarte notablement de la courbe. De même, le mois d'août, qui ne correspond qu'à 9 jours complets d'enregistrement, insuffisants pour donner une valeur mensuelle précise.

La différence d'ordonnées et le décalage d'un mois existant entre les deux courbes P et K, proviennent probablement de leur situation différente plutôt que d'une différence d'altitude (30 m). La courbe K nous paraît donner une représentation plus exacte de la variation annuelle.

Le maximum des courbes a lieu en automne et est mal précisé, celui de P semble avoir lieu en octobre et celui de K en novembre.

L'amplitude de la variation annuelle moyenne, soit 35 volts, correspond à une variation de 71 ± 17 V/m soit de ± 24 pour 100. Les minima et maxima semblent plutôt voisins des époques des solstices. Les courbes indiquent un maximum de 93 V/m et un minimum de 59 V/m (77 ± 18 V/m).

⁽¹⁾ Cette triple coïncidence prouve à la fois la correction des mesures, celle des dépouillements, et justifie la méthode de sélection employée.

TABLEAU I.

Station « P ».				Station « K ».		
NOMBRE DE VALEURS HORAIRES RETENUES				NOMBRE DE VALEURS HORAIRES RETENUES		
Mois	Totales	Normales	Négatives	Totales	Normales	Négatives
Novembre	291	26	3	—	—	—
Décembre	412	2	2	—	—	—
Janvier	303	15	2	—	—	—
Février	441	87	0	358	11	2
Mars	436	278	2	430	121	5
Avril	538	146	0	551	55	0
Mai	665	63	9	510	33	3
Juin	553	11	33	652	29	46
Juillet	681	36	11	237	5	2
Août	236	13	6	—	—	—
TOTAUX :	4.556	677	68	2.738	254	58
	<i>Proportion :</i>	15 pour 100	1,5 pour 100		9 pour 100	2 pour 100

Variation diurne. — La variation diurne pendant la nuit polaire, déjà apparente sur les enregistrements de 24 h effectués par beau temps, est très nettement accusée par les quatre courbes mensuelles de novembre et décembre relevées aux stations L et P. Les relevés de janvier, trop perturbés, sont inutilisables dans ce but. La valeur moyenne de ces quatre courbes est représentée sur la figure 5 qui montre une onde simple avec un minimum de 74 V/m à 2 h Gr et un maximum de 104 V/m à 18 h Gr.

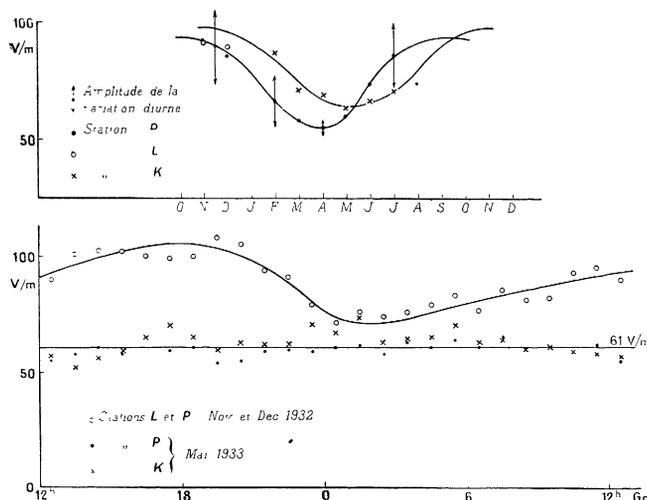


Fig. 4 et 5.

L'amplitude diurne, de 30 volts, correspond à une variation de : 89 ± 15 V/m, soit de ± 17 pour 100. Cette amplitude diminue avec la grandeur moyenne

du champ et s'annule en mai⁽¹⁾ au moment du minimum. Ce résultat remarquable est également présenté par les deux stations P et K comme le montre la figure 5, sur laquelle les valeurs horaires mensuelles se placent sur deux paliers voisins avec une grande approximation.

L'amplitude de la variation diurne est représentée graphiquement par des flèches verticales sur la courbe P de la figure 4. Elle passe de 30 V/m pendant la nuit polaire à 21 V/m en février; elle n'est plus que de 6 V/m en avril; elle est nulle en mai, puis croît de nouveau en atteignant 27 V/m en juillet. La station K — où l'intensité du champ était plus élevée, — accuse, avec la même loi de variation annuelle, une amplitude plus grande.

La loi de variation de l'amplitude de la variation diurne en fonction de la grandeur moyenne du champ, ne saurait être précisée par une seule année d'observations. En première approximation, l'amplitude semble croître moins vite que selon une loi linéaire de la forme : $A = K(E - E_0)$.

En résumé, nous trouvons au Scoresby Sund, un champ moyen moitié moindre que sur les Océans aux plus basses latitudes et comparable à celui que l'on observe, dans nos régions, aux altitudes de 2 à 3 km⁽²⁾. La variation annuelle et la variation diurne sont conformes à celles que l'on observe en dehors de la « vase atmosphérique ». La disparition de la variation diurne au début du jour polaire est un fait nouveau susceptible d'éclaircir le mécanisme de cette variation.

(1) Cette disparition de la variation diurne est déjà directement visible sur les enregistrements. Par exemple, la journée du 28 avril (temps calme et très beau) montre, aux deux stations, un champ de 10 V/m constant, à quelques centièmes près, durant 24 heures.

(2) Il est à remarquer que le climat du Scoresby Sund correspond précisément à cette altitude.

Influence des facteurs météorologiques sur le champ. — Cette influence a été observée directement sur les enregistrements. Il est bien connu que la nébulosité et les précipitations perturbent le champ par influence ou par leurs charges spatiales. Le brouillard, qui s'est parfois manifesté, d'avril à juillet, produit un fort champ positif et très régulier. La neige, tombant à gros flocons par temps calme, donne un enregistrement caractéristique (voy. fig. 6) : le champ est fortement positif et très régulier, dépourvu des oscillations rapides habituelles.

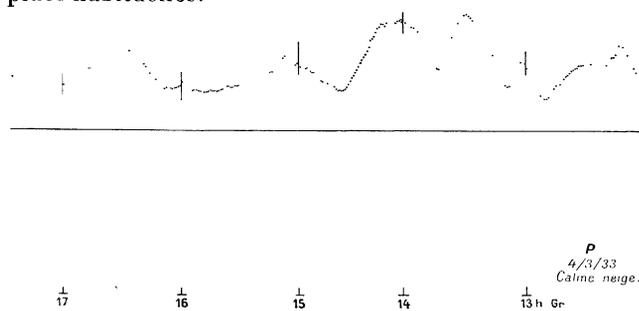


Fig. 6.

La pluie et la grêle produisent, au contraire, des champs négatifs intenses, la charge spatiale étant inversée. La figure 7 reproduit deux enregistrements

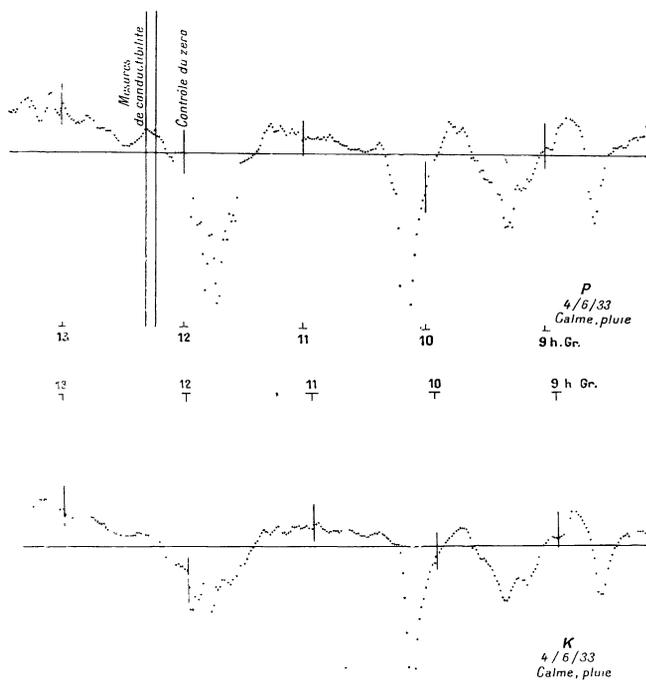


Fig. 7.

simultanés relevés aux stations P et K, par temps calme, par chute de pluie. Les deux courbes concordent comme on le voit, d'une manière remarquable. Cet accord n'était pas toujours aussi parfait.

Les précipitations, accompagnées de vent, produisent des champs intenses et désordonnés s'inversant fréquemment. Ces phénomènes sont dus à l'électrisation par frottement des conducteurs isolés, car ils persistent lorsqu'on supprime la prise de potentiel.

Les facteurs météorologiques, tels que la pression atmosphérique, la température, l'humidité, etc..., ne semblent pas avoir d'effet direct sur le champ électrique.

Agitation du champ. — Par temps calme et beau, le champ présente, comme sous nos latitudes, une agitation irrégulière, rapide et perpétuelle. La figure 8 reproduit, par exemple, un fragment d'enregistrement obtenu par très beau temps durant la nuit polaire. Ce phénomène ne semble pas avoir reçu d'explication, de même que les inversions du champ ayant lieu par beau temps.

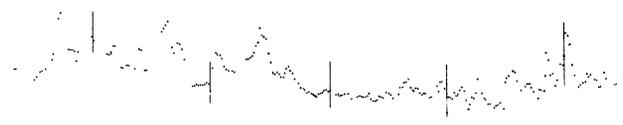


Fig. 8.

On pourrait tout d'abord supposer que cette fluctuation reflète celle de l'ionisation ayant lieu dans le volume d'air intéressant la prise du potentiel. Le parcours des rayons α de l'ionium étant de 3 cm dans l'air normal, le volume d'air ionisé en permanence ne dépasse pas une centaine de centimètres cubes. Aux environs de ce volume, la conductibilité instantanée due à l'ionisation produite par les électrons cosmiques, varie beaucoup au cours du temps. Les observations effectuées avec les compteurs et les chambres de Wilson ont montré l'incidence, en moyenne, d'un corpuscule ionisant par minute et par centimètre carré de surface terrestre. Ces fluctuations locales de conductibilité seraient alors responsables des fluctuations incessantes du champ ⁽¹⁾.

Cependant, le calcul montre que cette fluctuation est négligeable compte tenu de la densité moyenne des ions et le fait que ces fluctuations rapides disparaissent lorsque le ciel est couvert, fait écarter cette hypothèse. Il est bien connu que les cumulus orageux,

(1) Il est probable que ce sont ces électrons secondaires associés aux rayons cosmiques qui sont la cause de l'allumage des étincelles et des éclairs dans l'air et de la décharge dans les tubes à vide (tubes de Crookes) soumis à une tension juste suffisante pour amorcer la décharge (effet de compteur Müller-Geiger).

qui culminent vers 1 500 m, abaissent le champ par un effet d'influence et ce phénomène s'interprète par la théorie de C. T. R. Wilson qui leur attribue une charge négative à la base et positive au sommet. Un ciel couvert de cumulus se comportera donc comme un écran électrostatique vis-à-vis de phénomènes d'influence produits, par exemple, dans la région des cirrus et c'est à la formation de ces nuages, visibles ou non ⁽¹⁾ qu'il faudrait alors attribuer les variations incessantes du champ, observables par très beau temps. Ces cirrus, qui culminent dix fois plus haut, souvent dans la stratosphère, sont formés de très fines aiguilles de glace condensées sur les ions négatifs d'origine aurorale.

Ce phénomène était extrêmement net au Scoresby Sund où le cirro stratus apparaissait invariablement quelques heures après les fortes aurores. On pourrait donc penser que le champ électrique suit, avec un certain retard, l'activité aurorale et qu'il est fortement abaissé à la suite d'aurores intenses,

⁽¹⁾ Les nuages irisés de haute altitude, qui présentent des couleurs d'interférence, et qui sont surtout observables dans les régions polaires, doivent sans doute leurs vives colorations à un effet de lames minces, étant probablement formés de pellicules de glace se nourrissant avec une épaisseur croissante, à partir de lamelles monomoléculaires. De nombreux cirrus ne sont, de même, visibles qu'au crépuscule.

Une influence des aurores sur le champ électrique avait été signalée autrefois par Andrée au Spitzberg, par Paulsen en Islande ⁽¹⁾ et niée par d'autres observateurs.

Nous avons également observé cet effet à Sodankylä en 1931 par des lectures isolées effectuées à l'électromètre Szilard. Cependant, les enregistrements effectués au Scoresby Sund, non plus que la statistique, n'ont vérifié ces résultats certainement accidentels. En pareille matière, de nature aussi complexe, les coïncidences fortuites ne sauraient être retenues et la statistique seule fait foi.

Il faut conclure de cette indépendance que les charges négatives apportées par l'aurore ne pénètrent pas au-dessous de l'altitude des cirrus d'origine aurorale, altitude trop considérable pour produire une influence sensible au sol. Il en résulte, en outre, que la théorie des courants telluriques, basée sur l'induction produite, dans les régions polaires, par ces charges négatives et, dans les régions équatoriales, par des charges positives résultant de l'ionisation ultraviolette, ne saurait être maintenue, les courants de déplacement associés devant produire des variations correspondantes du champ, particulièrement sensibles au voisinage du sol, où la conductibilité est minima.

⁽¹⁾ Rapport au Congrès Int. de Physique, Paris 1900.

Manuscrit reçu le 10 juillet 1935.

