

DET KGL. DANSKE VIDENSKABERNES SELSKAB
MATEMATISK-FYSISKE MEDDELELSER, BIND XX, NR. 14

LES RECHERCHES SUR
LE MAGNÉTISME
TERRESTRE

PAR
DAN LA COUR



KØBENHAVN
I KOMMISSION HOS EJNAR MUNKSGAARD
1943

Printed in Denmark.
Bianco Lunos Bogtrykkeri A S

Le contenu de la présente étude a été communiqué à l'Académie par Dan la Cour dans sa séance du 27 février 1942. Le 10 mars suivant La Cour remit un manuscrit rédigé en danois, qui, après la mort de l'auteur, a été jugé bon à paraître en français dans les »Matematisk-fysiske Meddelelser« de l'Académie.

MARTIN KNUDSEN
Secrétaire de l'Académie.

Il y a cent ans, ce mois-ci [Février 1942], que furent commencées dans notre pays, sous les auspices de l'Académie Royale des Sciences et des Lettres, des observations régulières du magnétisme terrestre; s'il est vrai qu'on avait pris des observations magnétiques avant cette date et que d'autre part elles n'ont pas été faites sans interruptions depuis lors, il est juste toutefois de commémorer ce centenaire en rappelant brièvement l'effort que l'Académie a fait dans le temps pour entreprendre ce travail, et de donner quelques détails sur les résultats de cette initiative.

C'est, on le sait, l'Académie qui a donné le branle tant aux recherches sur le magnétisme terrestre qu'aux observations météorologiques, deux activités qui de nos jours ont été rattachées à l'Institut météorologique, et déjà bien des années avant 1842 elle s'était intéressée de différentes façons aux mesures du magnétisme terrestre. C'est ce que prouvent de nombreuses communications sur la déclinaison qu'on trouve dans les Travaux de l'Académie d'autrefois. Avec les instruments et les idées de ce temps, les recherches étaient d'abord, naturellement, peu sûres et tâtonnantes, bien qu'on ait dès la seconde moitié du XVIII^e siècle d'assez longues séries complètes d'observations de la déclinaison. On ne saurait pourtant utiliser ces matériaux qu'avec une extrême prudence. C'est ainsi qu'une série de mesures météorologiques et magnétiques relevées pendant plusieurs années à la Tour Ronde à Copenhague et publiées in extenso avec des observations provenant d'autres pays dans les éphémérides de la Societas meteorologica Palatina à Mannheim et par extraits dans les Travaux de l'Académie, constituent une documentation très sujette à caution. Pour les observations météorologiques, par exemple, on se servait en même temps d'un baromètre suspendu dans une pièce de la tour et d'un thermomètre à l'air

libre, et probablement parce qu'on constatait que cela allait très bien avec le baromètre dans la pièce, on y mit aussi pendant quelque temps le thermomètre, procédé évidemment peu heureux. Les mesures magnétiques étaient faites, elles aussi, pour la plupart dans ce local, mais on ne tenait pas compte des ancras et des autres pièces de fer qui se trouvaient dans les murs et les installations de la tour, et les éphémérides montrent que les mesures conservées de la déclinaison présentaient souvent pendant plusieurs journées de suite exactement la même valeur à la même minute, ce qui, d'après nos connaissances actuelles, n'a pas pu être juste.

Une amélioration sensible fut apportée par Hansteen grâce à son importante concentration d'informations sur les observations magnétiques de différentes régions de la terre, et à ses cartes magnétiques, qui firent date. C'est sans doute à cette occasion et sur l'initiative d'Ørsted que l'Académie mit au concours en 1811 le sujet: »Peut-on expliquer tous les phénomènes magnétiques de la terre par un seul axe magnétique ou faut-il en supposer plusieurs?« On sait que Hansteen prouva qu'un seul axe était insuffisant pour rendre compte des phénomènes, et que son mémoire fut couronné par l'Académie — mais comme on traversait une période difficile, Hansteen dut lui-même »rappeler à plusieurs reprises la médaille qu'on avait oubliée« avant de l'obtenir, et l'Académie n'avait pas les moyens nécessaires à l'impression de ses importantes »Untersuchungen über den Magnetismus der Erde«.

Pour ce qui est antérieur à 1842, je mentionnerai encore qu'Ørsted, après son voyage à Gœttingue, où il était allé voir l'observatoire de Gauss en 1834, obtint l'adhésion du Danemark à l'association magnétique de A. von Humboldt, qui organisait dans plusieurs pays, suivant un plan prémédité, des mesures simultanées du magnétisme terrestre, en faisant prendre des observations toutes les cinq minutes pendant 6 jours de l'année. En Danemark ces observations furent effectuées à la nouvelle Haute École Polytechnique. On n'y observait que les variations de la direction de l'aiguille aimantée, et non la valeur absolue de la déclinaison. Or, lorsque toutes les observations des différents lieux furent réunies, les matériaux présentaient plusieurs phénomènes intéressants, entre autres celui d'un trouble magné-

tique — une tempête — qui s'était manifesté le même jour et de manière à peu près identique à Copenhague et à Milan. Détail intéressant: le volume de quelques-uns des aimants de Gauss était environ 30.000 fois plus grand que celui des aimants dont on se sert actuellement. L'aimant de Hansteen à Christiania, comme on disait alors, était encore plus grand que celui de Gauss.

Or, ce qui arriva il y a cent ans, c'est que les mesures du magnétisme terrestre eurent leur centre propre et qu'elles cessèrent d'être faites à la Tour Ronde, à l'École Polytechnique ou dans d'autres endroits où il fallait craindre des facteurs troublants. Le 1^{er} février 1842 les observations commencèrent dans un observatoire magnétique spécial, que l'Académie avait installé au bastion dit Gyldenløve près de la porte de Vesterport. La déclinaison y fut relevée, au début, quotidiennement toutes les trois heures de 5 heures du matin à 11 heures du soir. Quelques années après on y ajouta des observations de l'intensité horizontale. A ce nouvel observatoire c'était toujours les variations de la direction de l'aiguille aimantée qu'Ørsted étudiait surtout, fait qui ressort nettement de ce qu'il donnait dès le début tous les mois, dans les Travaux de l'Académie, une formule déduite de la marche diurne normale de la déclinaison. Il l'obtenait en faisant abstraction, de l'ensemble des matériaux, des observations prises les jours qui lui paraissaient anormaux, soit près de la moitié. C'est là un procédé assez risqué; en tout cas une expédition, qui a eu lieu bien plus tard aux régions arctiques — où, il est vrai, les troubles sont sensiblement plus grands qu'en Danemark — a trouvé, en écartant les jours où la marche diurne ne ressemblait pas à celle observée dans d'autres localités, une marche qui était à peu près l'inverse de ce qu'elle est en réalité au nord de la zone aurorale. On verra par la figure 1 ci-après comment Ørsted se tirait de ces difficultés. On y voit la marche diurne trouvée par le grand physicien pour les mois de février, mars et avril 1842 et la marche diurne pendant les mêmes mois de l'année 1932 — deux années qui offrent les mêmes rapports à la période des taches solaires, et qu'on doit par conséquent supposer sensiblement identiques. Il faut se rappeler, en comparant les deux courbes, qu'Ørsted ne disposait pour ses calculs que d'observations de toutes les

trois heures pendant une partie de la journée, tandis que la courbe de 1932 est basée sur des enregistrements continus — et en outre que la déclinaison était, en 1842, d'un peu plus de 17° W et en 1932 de 6° W à peine, d'où il s'ensuit que les extrêmes devaient être atteints un peu plus tôt à l'époque d'Ærsted.

Après la mort d'Ærsted, c'est le professeur d'Arrest qui devint l'animateur des travaux de l'Académie sur le magnétisme terrestre. Ils furent continués sans interruption et les résultats

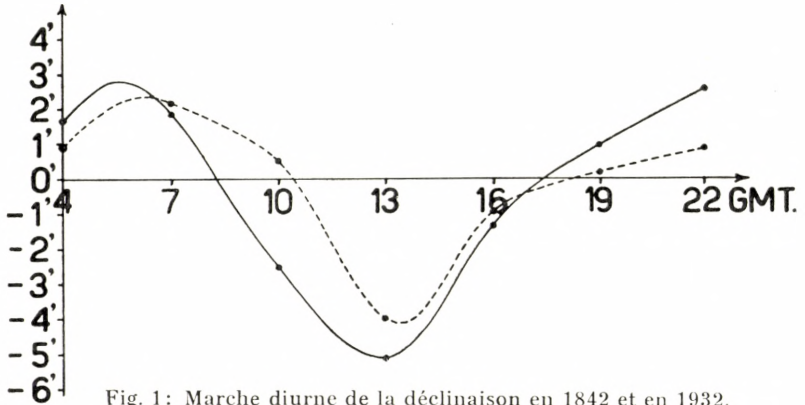


Fig. 1: Marche diurne de la déclinaison en 1842 et en 1932.

—•— Moyenne pour février, mars et avril 1842.

---•--- » » » » » 1932.

en étaient communiqués sommairement tous les ans pour le mois de décembre dans l'aperçu des travaux de l'Académie. Dans l'aperçu de 1859, d'Arrest, en faisant l'historique des recherches, a utilisé les matériaux pour expliquer — autant que le permettaient les observations prises — le phénomène connu sous le nom de variation séculaire. Depuis le début du siècle on avait cherché à déterminer, sans arriver au même résultat, le moment où l'aiguille aimantée qui, autant qu'on le savait, tournait vers l'ouest depuis plus de cent ans, allait revenir vers l'est. D'Arrest y allait avec beaucoup de méthode et calcula, après avoir soumis les matériaux à la critique et à la correction congrues, une formule d'interpolation qui, disait-il, devait non seulement remplacer l'énoncé de la loi vraie, mais dont on devait pouvoir encore se servir pour en tirer toutes les conclusions sur le passé et sur l'avenir qu'on tirerait de la formule même, si elle était connue. Si l'on tient compte de tous les matériaux disponibles,

la formule d'Arrest donne pour résultat que la déclinaison sera zéro à Copenhague en 1954. Il s'en faudra bien encore à cette date de 1 ou 2 degrés, mais c'est tout de même un très beau pronostic séculaire fait sur une base qu'on ose bien qualifier de quelque peu incertaine. La déclinaison zéro est d'ailleurs actuellement si proche de nous que ce moment historique est déjà atteint dans certaines localités de Bornholm. Il faut d'autant plus admirer la formule de d'Arrest qu'on considère sur

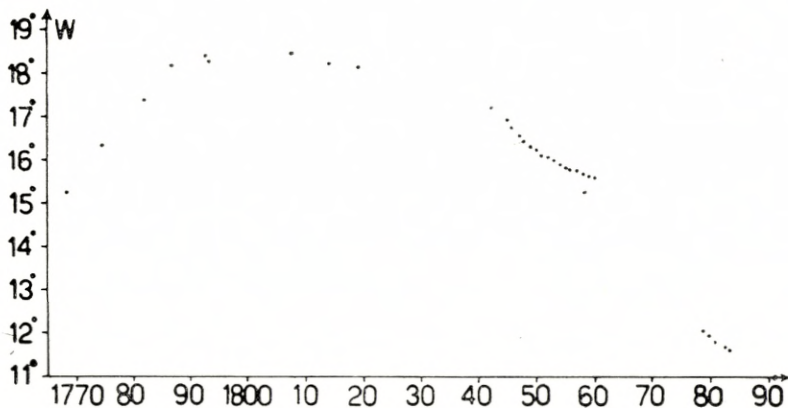


Fig. 2: La déclinaison à Copenhague.

quoi elle est basée. La figure 2 montre les valeurs de 1770; d'abord éparses, elles deviennent plus continues à partir de l'installation de l'observatoire du bastion Gyldenløve. On paraît y avoir eu quelque difficulté à maintenir les constantes des instruments; on voit par la figure comment les valeurs se suivent systématiquement, et en 1858 une partie en sont au-dessus d'une observation faite cette même année par le professeur Lamont, qui visitait la Scandinavie avec ses instruments de précision. La valeur de Lamont, qui est bien plus près d'une ligne régulière rejoignant les valeurs trouvées vers 1880, est probablement plus exacte. Car d'après ce que l'on sait, la variation séculaire suit un cours assez régulier, ce qui ressort par exemple du graphique ci-après (fig. 3) de la déclinaison à Copenhague pendant ces dernières années.

En 1862 l'observatoire magnétique permanent de l'Académie fut transféré pour 1800 rixdales au bastion de Rosenborg, mais

en même temps l'activité devint, si j'ose dire, plus dispersée. Pour des raisons d'ordre pratique — surtout pour répondre aux besoins de la navigation — les mesures magnétiques furent faites dans plusieurs localités du pays même et du Groenland. Les Danois firent un pas décisif pendant la première année dite

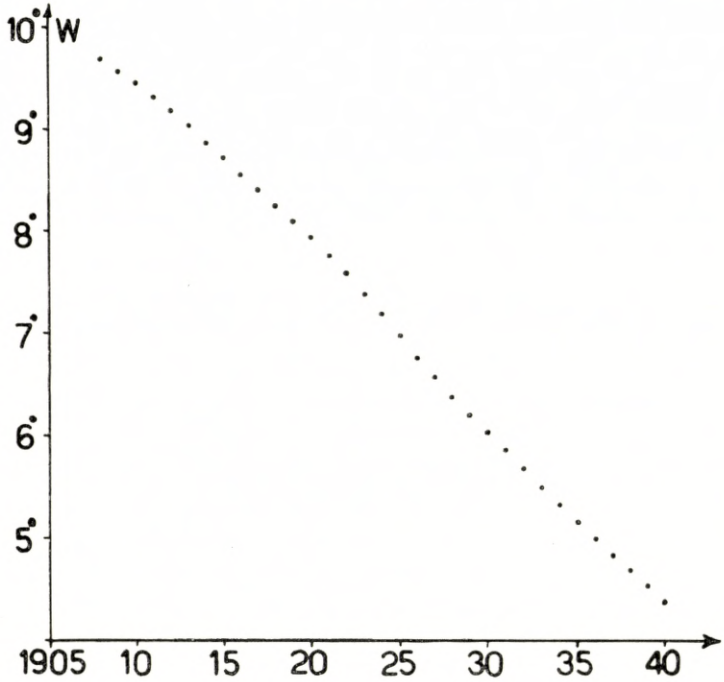


Fig. 3: La déclinaison à Rude Skov.

polaire internationale par l'établissement d'un observatoire magnétique à Godthaab au Groenland sous la direction d'Adam Paulsen. A son retour de Groenland, le terrain était déjà préparé à l'entreprise de travaux plus systématiques. Entre autres choses le Service hydrographique de la marine avait attiré l'attention du ministère de la Marine sur l'insuffisance des observations magnétiques dans notre pays, et la Faculté des Sciences et le Conseil de l'Université appuyèrent un projet en vue de créer un observatoire magnétique rattaché à l'Institut météorologique; les instruments qui avaient servi au Groenland réduiraient les frais de l'installation. Nommé chef, comme on disait alors, de l'Institut météorologique en 1884, Adam Paulsen proposa d'établir un

observatoire sur les remparts de la citadelle, mais ce fut toutefois le Jardin botanique qu'on finit par préférer lorsque le Parlement accorda les fonds nécessaires au budget de 1888—89.

Le fait le plus important pour les travaux, c'est sans doute la création à l'Institut météorologique d'un poste de sous-directeur pour les travaux sur le magnétisme terrestre, assurant ainsi un personnel suffisant pour la tâche dont Adam Paulsen se préoccupait si vivement et à laquelle il consacra tant d'énergie jusqu'à sa mort. L'observatoire commença ses travaux sans tarder — d'abord par des observations à des heures fixes comme précédemment — toutefois sans l'observation de 5 hs du matin — mais on commença aussi de se servir d'appareils enregistreurs pour l'enregistrement continu des variations, et — comme dans d'autres pays — on constata par là coup sur coup de nouveaux phénomènes. Si les travaux étaient pendant les premières années quelque peu entravés par les difficultés du début, cela allait bientôt mieux, et l'Institut météorologique entreprit la publication d'un Annuaire magnétique rédigé en français, selon le renseignement du livre des adresses, mais c'était surtout des chiffres, seules quelques phrases isolées et les rubriques étant en français; d'ailleurs le livre n'eut guère de lecteurs en Danemark. A côté de ces travaux Adam Paulsen s'occupa avec ardeur du dressage de cartes magnétiques du pays, et il fit chaque année, en personne, des tournées de mesurages; malgré beaucoup d'énergie les travaux n'avancèrent que lentement en raison des instruments dont on se servait — et c'était avant les automobiles. On recueillit toutefois une documentation précieuse pour la détermination des variations ultérieures.

L'installation au Jardin botanique ne fut pas de longue durée, car les tramways de Copenhague étant électrifiés au renouvellement du siècle, la situation devint désastreuse pour l'observatoire. En abritant convenablement les instruments, on obtenait bien des courbes relativement nettes, mais il était impossible d'effectuer les observations indispensables pour l'interprétation de ces courbes, et il fallut cesser la publication de l'Annuaire. Par la suite on a toutefois pu utiliser les enregistrements, à certaines fins tout au moins. Selon la concession de la Compagnie des Tramways, celle-ci devait réparer le dommage qu'elle causerait, et, surtout grâce à l'intervention du professeur K. Prytz, la Com-

pagnie paya la construction d'un nouvel observatoire à la forêt de Rude Skov et accepta de verser une subvention annuelle de 3000 couronnes pour l'augmentation des frais d'exploitation occasionnée par le déménagement — subvention que l'Institut météorologique reçoit encore, mais de la Ville.

Le nouvel observatoire fut construit en 1906, mais les difficultés du début durèrent encore cette fois-ci quelque temps; ces difficultés surmontées, la publication de l'Annuaire fut reprise, et les travaux ont continué depuis lors pratiquement sans interruption. Il manque seulement les enregistrements d'un petit nombre d'heures par suite d'une tempête magnétique si violente que les courbes dépassèrent les bords de la bande ou parce que la foudre est tombée sur l'installation, faisant sauter les plombs. On a pourtant réussi peu à peu à assurer le fonctionnement régulier dans la mesure du possible: on a installé des instruments susceptibles de faire des enregistrements par des tempêtes magnétiques même extraordinairement violentes, on dispose de lignes électriques tant aériennes que souterraines, et on a établi dans le pays un réseau de points d'appui, où l'on fait des mesures régulières, de sorte que, même si l'observatoire était détruit par une bombe, le fil qui relie le passé et l'avenir ne serait plus coupé. Mais ces mesures de sécurité sont aussi indispensables, car il faut envisager par exemple le cas où l'électrification successive des moyens de transport rendra inutilisable également l'observatoire de Rude Skov.

Le levé magnétique du pays a lui aussi été continué. Il a subi un développement curieux au cours des années. Du temps d'Ørsted c'était surtout de la déclinaison qu'on s'occupait, les autres éléments magnétiques — l'intensité horizontale et surtout l'intensité verticale — étant bien plus difficiles à mesurer et d'une manière générale bien plus incertains; c'était aussi la déclinaison qui seule importait pour les besoins de la vie pratique, notamment pour la navigation. De nos jours, ce sont les mesures de la déclinaison qui font le plus de difficulté, parce qu'elles demandent le plus de temps. Certaines activités de la vie pratique s'intéressent de nos jours particulièrement à la mesure de l'intensité verticale pour la prospection du sous-sol, et grâce aux instruments modernes ces mesures sont aujourd'hui non seulement les plus rapides et les plus faciles à faire, mais don-

nent encore les résultats relativement les plus exacts. Dans notre cas il faut ajouter l'examen électrique du sol. L'Institut météorologique est entré en collaboration étroite avec les organisations internationales pour le magnétisme terrestre et l'Annuaire magnétique qu'il publie est fait conformément aux directives adoptées par ces organisations relativement au contrôle et au contenu. Une publication parallèle, les »Communications magnétiques«, comprend d'autres travaux sur le magnétisme terrestre, jusqu'à présent surtout des monographies sur des instruments de mesure, dont l'Institut a fait pendant ces dernières années une exportation assez importante.

En 1926 on a installé un observatoire magnétique permanent très bien équipé à Godhavn au Groenland. Il relève comme tous les autres établissements groenlandais de la Direction du Groenland, laquelle a confié la conduite des travaux scientifiques et la publication de l'Annuaire magnétique du Groenland à l'Institut météorologique. A Godhavn comme à Rude Skov les mesures et les enregistrements ont été continués sans interruption depuis la fondation, et en plus du haut intérêt scientifique des matériaux recueillis, l'observatoire constituera la base nécessaire de la vaste exploration géophysique projetée du Groenland, qui fut confiée, à la veille de la guerre, à l'Institut géodésique et à l'Institut météorologique; il pourra être aussi une aide pour la mesure de la déclinaison et la connaissance de ses variations dans les eaux groenlandaises. Après le 9 avril 1940, qui coupa la liaison avec le Groenland, le Département du magnétisme terrestre de l'Institut Carnegie a bien voulu, à la demande de l'Institut météorologique, se charger de fournir l'observatoire de papier photographique, de piles, etc., de sorte que le service de l'observatoire paraît pleinement assuré même dans les conditions actuelles. Grâce à un don de l'Institut Carnegie et à une subvention de la fondation Rask-Ørsted, l'observatoire a été mis en état de faire — jusqu'à nouvel ordre comme le seul observatoire de la zone de l'aurore boréale — des enregistrements continus de l'intensité des rayonnements cosmiques. Les enregistrements sont étudiés en Amérique avec des enregistrements analogues d'autres latitudes.

Enfin il faut mentionner qu'au cours de la deuxième année polaire internationale 1932/33 — 50 ans après la première —

l'Institut météorologique avait installé, avec des subventions de l'État, de la fondation Carlsberg et de la fondation Rask-Ørsted, des observatoires magnétiques complets à Julianehaab et à Thulé au Groenland; et que, notamment grâce à des subventions de la fondation Rockefeller, l'Institut a aidé plusieurs autres pays à s'équiper d'instruments pour les mesures du magnétisme terrestre et leur a donné des instructions.

J'espère qu'on se sera rendu compte par ce que j'ai dit de l'étendue et de la consolidation des travaux qui ont été les fruits de l'initiative que l'Académie a prise dans le temps en donnant le branle aux recherches sur le magnétisme terrestre.