

## L'Institut Géodésique de Danemark de 1928 – 1955.

Par Einar Andersen.

Il n'y a guère deux cents ans que fut commencé le premier lever méthodique du Danemark en vue de la publication d'un grand atlas du pays. Ces travaux forment le point de départ de l'activité géodésique et cartographique qui a abouti, par différentes étapes, à la création, par la loi du 1<sup>er</sup> avril 1928, de l'Institut géodésique de Danemark.

La géodésie et la cartographie sont des sciences très anciennes, qui, utilisant d'abord des procédés tout rudimentaires, se sont développées, au cours des siècles, en de vastes disciplines scientifiques, qui mettent toujours à profit ce que la théorie et la technique apportent de plus perfectionné et de plus neuf.

Dans son grand ouvrage sur la cartographie danoise (*Danmarks kortlaegning*), dont le premier volume a paru, M. Noerlund fait un historique passionnant de la carte du Danemark. Il faut relever en particulier, au XVII<sup>e</sup> siècle, la carte du Royaume de Danemark de Johannes Mejer, oeuvre prodigieuse d'un seul homme. C'est aussi à M. Noerlund que revient le grand mérite de nous avoir donné en trois volumes une édition en fac-similé de ces cartes excellentes pour l'époque, qui étaient restées inédites.

Cette carte de Mejer n'était pas, toutefois, un levé méthodique appuyé sur une triangulation complète du pays, des mesures de base et des déterminations de lieux astronomiques. Un tel travail ne fut entrepris, nous l'avons dit, qu'il y a près de deux cents ans par l'Académie des Sciences et des Lettres de Danemark. L'initiative de ces travaux importants n'était cependant pas le fait de l'Académie même. Ce fut, en effet, un tout jeune homme, Peder de Kofod (1728—60), qui présenta un projet à l'Académie, laquelle en reconnut aussitôt l'intérêt. Dans sa séance du 14 février 1757, dit le procès verbal, „lecture fut donnée d'un mémoire présenté par un

étudiant du nom de Koefoed, qui offrit de dresser des cartes exactes du Danemark, n'en demandant d'autre récompense que d'être nommé *Professor Designatus Mathesi* à Odense; il fut décidé d'en faire la proposition à Sa Majesté". Par rescrit royal à l'Académie, Kofod fut nommé professeur à la condition de remettre une ou deux cartes spéciales du Danemark par an à l'Académie suivant un plan établi par elle. Kofod ne put toutefois en achever qu'une seule, mourant prématurément en 1760, à l'âge de 32 ans.

L'étudiant Thomas Bugge (1740—1815) était alors déjà attaché aux mesures. En 1762 il devint le premier géomètre de l'Académie, en 1765 observateur trigonométrique, en 1768 géomètre en chef, et dirigea bientôt les travaux cartographiques de l'Académie. Il fut élu membre de l'Académie à 35 ans, puis nommé professeur de mathématiques et d'astronomie à l'Université de Copenhague et directeur de l'Observatoire, et enfin, en 1801, secrétaire de l'Académie.

L'Académie ne tarda pas à se rendre compte de ce que les travaux cartographiques demandent une importante administration, et ce fut rarement avec enthousiasme qu'on discutât les incessants projets, rapports, budgets, etc.

L'activité de Bugge a été fortement critiquée, tant par son successeur comme secrétaire de l'Académie, le célèbre physicien H. C. Oersted, que par H. C. Schumacher et C. C. G. Andræ, les directeurs successifs de la Mesure des degrés.

Ces critiques ne sont pas sans fondement, mais on en oubliait tout à fait les mérites incontestables de Bugge, notamment comme administrateur.

H. C. Schumacher, qui succéda à Bugge comme directeur de l'Observatoire, fut bientôt élu, à 35 ans, membre de l'Académie. C'est sur son initiative que fut créée, en 1816, la Mesure des degrés danoise. Élu, en 1820, membre de la commission des mesures de l'Académie, il déclina cette élection, motivant son refus par une critique sévère de l'activité cartographique de l'Académie. On lui confia alors la direction des travaux, jusqu'à la création du Service topographique de l'état major, que s'en chargea à partir de 1842.

Les mesures duraient alors depuis quatre-vingts ans, et le reproche essentiel qu'on peut leur faire, c'est qu'on les faisait toujours d'après des méthodes démodées, sans se tenir assez au courant des progrès réalisés ailleurs, ni au point de vue théorique, ni dans la pratique et au point de vue instrumental.

Il existait désormais deux institutions étroitement apparentées, la Mesure des degrés danoise et le Service topographique de l'état

major, qui s'occupaient respectivement de la base purement scientifique, la géodésie, et des travaux géodésiques et cartographiques pratiques, appuyés toutefois sur une base scientifique convenable.

La triangulation de la Mesure des degrés fut exécutée sous la direction de Schumacher et d'Andræ, puis calculée et publiée par Andræ en quatre volumes, qui témoignent de ses éminentes capacités de théoricien. Élu membre de l'Académie des Sciences et des Lettres à quarante ans, il fut un certain temps président de la Classe des mathématiques (l'Académie se composait alors de quatre classes). Par la suite, il n'assista que de loin en loin aux séances de l'Académie.

Le lieutenant-général Zachariæ se préoccupa surtout du nivellement de précision et commença des mesures de la pesanteur en Danemark à l'aide de pendules. Il fut élu à l'Académie en 1893. Le général Madsen continua les mesures de la pesanteur et effectua une série d'observations astronomiques, surtout des déterminations de la latitude, ainsi que des mesures de bases et des observations du niveau de la mer. A la mort du général, F. A. Buchwaldt fut nommé directeur. Éminent théoricien, il publia des mémoires marqués d'une conception très personnelle des problèmes. Il mourut prématurément de surmenage.

Nous sommes arrivés à 1923, année où la géodésie scientifique danoise se trouva tout à coup sans directeur. La Mesure des degrés avait été jusque-là une institution des plus modestes, en tout cas au point de vue du personnel. C'est ainsi que, lorsqu'Andræ fut nommé directeur, on avait proposé d'abord de lui attacher deux ou trois officiers particulièrement qualifiés, mais on ne tarda pas à réduire ce nombre à deux, pour se contenter enfin d'un seul, le lieutenant de marine Ravn, futur ministre de la Marine et amiral. N'ayant personne pour succéder à Buchwaldt, il fallut chercher ailleurs.

Une autre question devenait urgente: la collaboration internationale. Celle-ci avait été inaugurée sur l'initiative du général allemand Bayer en 1864. On créa d'abord la Mesure des degrés intereuropéenne, devenue par la suite la Mesure des degrés européenne et enfin, sous Helmert, la Mesure des degrés internationale. Au lendemain de la première Guerre mondiale, les pays alliés, ne voulant plus, en raison de l'attitude prise par la science allemande pendant la guerre, prendre part à cette union, fondèrent en 1919 l'Union Géodésique et Géophysique internationale à Bruxelles (dont les Empires centraux étaient exclus). On désirait aussi l'adhésion

du Danemark, et des négociations furent entamées par l'intermédiaire de l'Académie des Sciences. Or, Buchwaldt n'était pas membre de l'Académie et, d'autre part, les pays neutres avaient commencé une certaine collaboration, qu'il ne voulait pas interrompre. A sa mort, il fallut donc trouver quelqu'un qui fût membre de l'Académie et qui pût et voulût se charger de la grande tâche de diriger les travaux administratifs et de se mettre, dans le plus bref délai, au courant des problèmes.

Or, la chance voulut que le mathématicien et astronome N. E. Noerlund, qui avait occupé une chaire de mathématiques à l'Université de Lund, venait d'être nommé professeur de mathématiques à l'Université de Copenhague. En plus, il était membre de l'Académie depuis sa trentième année. Il était donc tout indiqué qu'on pensât à lui, et ce fut pour la géodésie danoise une date heureuse que celle où, en 1923, M. Noerlund fut nommé directeur de la Mesure des degrés danoise. On ne pouvait naturellement prévoir le grand développement qui allait commencer, ni que M. Noerlund aurait le bonheur de diriger et de marquer la géodésie pendant pas moins de trente-deux ans.

On s'étonnera peut-être que le professeur Noerlund, alors fort occupé de problèmes mathématiques importants, voulût consacrer à la géodésie autant de son temps précieux qu'il le fallait effectivement. La raison en est, entre autres, celle que j'ai indiquée dans l'avant-propos de mon ouvrage sur Andræ: „*La science géodésique, ainsi que l'activité topographique qui s'y rattache, ont exercé, au Danemark aussi, une certaine attraction sur quelques-uns des hommes les plus éminents du pays, qui ont réussi à combiner la science exacte avec le talent pour la mécanique et le sens administratif*“. On n'atteint, en effet, la perfection que là seulement, où toutes ces qualités sont réunies.

L'adhésion à l'Union internationale fut bientôt chose faite, l'Académie décidant dans sa séance du 11 avril 1924 de donner son accord. Un comité national de géodésie et de géophysique fut institué sous la présidence du professeur Noerlund. Les autres membres étaient Martin Knudsen, C. H. Ostenfeld, Johs. Schmidt, professeurs à l'Université, et D. B. la Cour, directeur de l'Institut météorologique, tous décédés aujourd'hui, de sorte que M. Noerlund reste le seul survivant des premiers membres. M. Noerlund, qui s'est retiré comme président, fait toujours partie du comité.

Une des premières activités dont M. Noerlund s'occupa fut la sismologie, qui n'avait presque pas été étudiée en Danemark. Une

subvention de la Fondation Carlsberg permit d'établir en peu de temps des stations sismiques sur l'enceinte de fortifications terrestres démantelées de Copenhague, ainsi qu'à Ivigtut et au Scoresbysund au Groenland. La station de Copenhague fut inaugurée au cours de l'hiver 1926—27 en présence du ministre de l'instruction publique, Mme Nina Bang, et du ministre de la Guerre, Laust Rasmussen. Le ministre de l'Instruction publique mit l'enregistreur du sismographe horizontal de Wiechert en marche, et depuis la station a fonctionné régulièrement.

Une autre grande tâche fut entreprise pendant les années de la Mesure des degrés, le lever du Groenland. Dès 1922 on y avait envoyé une expédition préparatoire, au cours de laquelle le lieutenant-colonel P. F. Jensen et un ingénieur radio firent des observations astronomiques dans une série de villes groenlandaises et à la factorerie de Qornoq. Or, en 1927, on effectua la première grande détermination astronomique de lieu à Qornoq dans le fjord de Godthaab. On obtint par là un point de départ pour la triangulation suivante, et il fut possible par comparaison avec les mesures correspondantes effectuées cinq ans plus tôt, de vérifier l'exactitude de l'hypothèse de Wegener sur le déplacement du Groenland. On constata qu'il n'y avait pas eu de déplacement.

Le personnel de la Mesure des degrés se composait, en plus du directeur, de quelques officiers en retraite, d'officiers de l'état major détachés temporairement, et de jeunes universitaires civils, s'intéressant aux travaux. Comme les activités de la Mesure des degrés et du service topographique de l'armée étaient étroitement apparentées, bien que l'une de ces institutions s'occupât surtout de recherches scientifiques tandis que l'autre attachait plus d'importance au côté pratique, M. Noerlund eut l'idée d'en proposer une fusion. Grâce à l'attention qu'on donne toujours aux propositions du professeur Noerlund la majorité parlementaire fut obtenue, et l'Institut géodésique de Danemark fut créé le 1<sup>er</sup> avril 1928 comme une institution civile dépendant du ministère de la Guerre. Les buts de l'Institut sont précisés à l'article 2 de la loi: L'Institut a pour objet de faire des travaux scientifiques géodésiques, d'éditer des publications géodésiques, d'effectuer le lever du pays et de publier des cartes du royaume. L'Institut a en plus pour mission de pourvoir aux besoins de cartes de l'armée. On voit que la loi donne aux travaux scientifiques de l'Institut une place de tout premier rang, et cette conception a toujours été décisive pour l'activité de l'Institut.

Ce fut une grande institution qui fut créée par là, et tout de même,

si l'on considère le riche développement qui a eu lieu au cours de ces vingt-sept années, les débuts paraissent bien modestes en comparaison de l'activité actuelle.

Au cours des années, l'Institut a résolu des problèmes nombreux et divers. Beaucoup de gens ont de la peine à comprendre qu'il reste toujours des problèmes à résoudre, mais c'est pourtant le cas, et ce le sera toujours. Dès 1928 on avait exécuté des cartes complètes et fidèles, dressées par le Service topographique de l'état major et qui servent toujours de base aux cartes de l'Institut. Mais ces cartes doivent constamment être tenues à jour. Et puis il y a le Groenland, dont on n'avait guère de cartes utilisables. Pour donner une idée de l'activité de l'Institut, je vais résumer en quelques mots les travaux effectués au cours des vingt-sept années qu'il a existé sous la direction du professeur Noerlund.

On a exécuté d'abord une triangulation de premier ordre avec la mesure correspondante de cinq lignes de base et un grand nombre de déterminations de lieux astronomiques (en longitude, en latitude et en azimut). Ce réseau a été compensé en liaison avec le cercle baltique, c'est-à-dire une compensation d'ensemble des triangulations des pays riverains de la Baltique. Plus tard la triangulation a été comprise dans la compensation européenne, de sorte qu'il existe actuellement un système (ED) de coordonnées pour la plus grande partie de l'Europe.

Le réseau de premier ordre à grandes mailles est rempli par des triangulations de deuxième ordre et d'ordres supérieurs, de sorte qu'il existe à présent au Danemark plus de 60.000 points coordonnés. A ce propos il convient de signaler la polygonation effectuée le long des routes du Danemark et particulièrement à travers les villes à l'usage des travaux publics.

En plus du système primitif de coordonnées coniques conformes, à l'usage des cartes, on a établi un système danois particulier (GI 34), qui donne une déformation minime demandée par le service du cadastre. Récemment on a adopté aussi une nouvelle projection qui donne les coordonnées de Gauss-Kruger. En outre on emploie les coordonnées de Mercator pour les cartes marines.

En adoptant la technique des cartes perforées, on sera bientôt en possession de toutes les valeurs des types de coordonnées pour l'ensemble des 60.000 stations.

Un nouveau nivellement de précision a été exécuté sur l'ensemble du territoire, ce nivellement ayant été mené, à l'aide d'un nivellement hydrostatique, à travers les bras de mer larges, le Grand Belt et le Sund.

A cette occasion on a effectué un nivellement de second ordre et un nivellement de détail sur l'ensemble du territoire, de sorte qu'on dispose actuellement de plus de 60.000 points cotés.

L'Institut fournit des listes de coordonnées et de cotes aux communes, arpenteurs-géomètres et ingénieurs.

L'Institut a effectué de nouveaux levés topographiques dans le Jutland méridional et ailleurs ainsi que des revisions routinières de ses différents types de cartes: dessins de planchette, cartes d'atlas, cartes d'état-major (1:100.000<sup>e</sup>), ainsi que les autres cartes à échelles plus petites. Il a dressé des cartes touristiques, routières, archéologiques, régionaux etc., qui ont toutes obtenu un grand succès auprès du public. Il a publié des atlas du Danemark au 1:200.000<sup>e</sup> en un volume et au 1:100.000<sup>e</sup> en trois volumes.

L'Institut a aussi effectué des mesures de la pesanteur, soit avec des pendules, soit avec des gravimètres de constructions différentes dans des milliers de stations. Ces mesures ont une importance tant géodésique pour la détermination de la forme de la terre, le géoïde, que pratique pour la prospection des matières brutes du sous-sol.

En relation avec le travail sismique, l'Institut a fait des déterminations des profils sismiques (séismes artificiels provoqués par des explosions d'aérolithe), qui intéressent aussi la prospection.

Dans les îles Féroé a été faite une nouvelle triangulation de premier ordre appuyée sur des observations astronomiques et des mesures de base, deux lignes de base ayant été mesurées à l'aide d'un instrument nouveau, le géodimètre, qui permet des mesures directes en une fois de distances de 15 à 20 kms avec une erreur de quelques centimètres seulement.

L'établissement de la carte d'Islande, commencé en 1902 par le Service topographique de l'état major, a été terminé en 1938. Il a été exécuté pour l'essentiel sous forme de lever à la planchette, appuyé sur une triangulation. La restitution de certaines régions surtout de l'intérieur a été favorisée par des photographies aériennes. Plus tard on a fait une triangulation de premier ordre avec observations astronomiques et mesures de base au géodimètre.

Les mesures les plus récentes de premier ordre effectuées aux îles Féroé et en Islande font partie d'un vaste travail international, où l'on relie, pour des motifs d'ordre scientifique et pratique et par les procédés les plus modernes, les mesures HIRAN, le levé européen mentionné avec celui des îles Féroé, puis avec ceux de l'Islande, du Groenland et du Canada. De cette façon il sera possible d'obtenir un système unifié de la plus haute importance, entre

autres choses pour la sûreté des relèvements des avions ou éventuellement pour leur téléguidage.

Enfin on a effectué au Groenland une oeuvre prodigieuse pour le petit Danemark. Il faut mentionner en particulier une triangulation continue de premier ordre tout le long de la côte occidentale du cap Farewell à Thulé avec observations astronomiques et mesures de base; des triangulations d'ordres supérieurs; une triangulation de détail pour l'établissement de repères photographiques pour la photogrammétrie; ensuite des mesures de la pesanteur exécutées tout le long de la côte occidentale. Sur la côte est ont été effectuées, dans les conditions les plus difficiles, des triangulations dans certaines régions, par exemple le Scoresbysund, en plus de déterminations de lieux dans beaucoup d'endroits en vue de l'établissement de cartes. Les cartes du Groenland comprennent des cartes au 1:250.000<sup>e</sup> et au 1:50.000<sup>e</sup>, finies pour de vastes régions, surtout de la côte occidentale, et des cartes au 1: 2.000<sup>e</sup> pour toutes les villes importantes.

La méthode photogrammétrique a été adoptée depuis la fondation de l'Institut, qui dispose actuellement d'une gamme d'appareils de restitution Zeiss, de multiplexes, etc.

Le professeur Noerlund a porté le plus vif intérêt au Groenland, comme le faisait déjà éminemment Andræ. Le rapport de M. Noerlund au procès dano-norvégien du Groenland à la Haye en 1933 fut d'une importance énorme pour le résultat favorable au Danemark.

Pour qui n'est pas du métier, cette énumération peut paraître sèche et fastidieuse, mais pour celui qui a pris part aux travaux ou qui a simplement eu l'occasion de les voir effectuer, cette oeuvre est des plus vivantes et des plus richement facettées. Elle a une valeur non seulement scientifique, mais aussi pratique et par là économique. Pour la réaliser, l'Institut occupe un personnel nombreux et qualifié de géodètes, officiers, topographes, techniciens de toute sorte: imprimeurs, photographes, dessinateurs, etc. Le service technique est fortement développé, et la capacité graphique de l'Institut peut satisfaire à toutes les demandes de cartes. L'Institut exécute aussi différents travaux pour des particuliers ou d'autres institutions.

L'Institut ne s'est toutefois pas limité à exécuter ces travaux nécessaires sur des principes scientifiques, comme le fait presque toute grande institution qui reconnaît la valeur de la rationalisation. Il attache une telle importance au travail scientifique que l'on est en droit de le considérer comme un institut de recherches. A titre

d'exemple signalons que l'Institut ne s'est pas contenté d'effectuer ses mesures de la pesanteur à l'aide d'un seul type d'instrument, comme on le fait dans la plupart des autres pays, mais qu'au contraire il fait des comparaisons méthodiques des mesures faites dans les mêmes lieux avec des instruments différents, de manière à déterminer l'exactitude et l'utilité des divers instruments. Sous la direction du professeur Noerlund, l'Institut a permis à une série de jeunes universitaires de perfectionner leurs dons scientifiques éventuels. On n'est pas, en effet, un savant par le seul fait d'avoir des titres universitaires ou de travailler sur une certaine base scientifique. Ceux-là seuls sont savants qui savent unir leur fonds de connaissances universitaires avec l'esprit d'invention. M. Noerlund, qui possède lui-même dans une très large mesure cet esprit d'invention, cet envol de l'aigle vers la lumière céleste, a incité par son exemple, par sa direction suggestive, et par la hardiesse de sa pensée, les jeunes à continuer son oeuvre dans la mesure de leurs moyens et de leurs capacités. Rappelons à titre d'exemple de son audace dans la pensée et l'action, le nivellement hydrostatique basé sur la simple expérience du tube en U dans lequel le liquide est au même niveau dans les deux branches. Il faut une bonne part de hardiesse pour écarter les deux branches l'une de l'autre de plus de vingt kilomètres et risquer d'importants capitaux pour effectuer un nivellement par exemple à travers le Grand Belt. Le résultat fut si éminent que les petits changements du niveau provoqués par la rotation apparente du soleil et de la lune autour de la terre, furent mesurables précisément en raison de la grande distance, et le rapport entre l'effet obtenu et l'effet supputé permit à M. Noerlund de déterminer d'une manière toute neuve l'élasticité de la terre.\*)

Au 14<sup>e</sup> congrès international tenu à Copenhague en 1903, le successeur d'Andræ, le général Zachariae, prononça cet éloge de son prédécesseur: „*Depuis des siècles, l'astronomie et la géodésie occupent une place dans notre civilisation. Les noms de Tycho Brahé, Ole Roemer, Horrebow, Schumacher et Andræ en portent témoignage.*“ A ce tableau d'honneur, je me permettrai, comme successeur du professeur Noerlund, d'ajouter, avec le plus profond respect, le nom de Noerlund.

\*) L'Institut géodésique a publié les cartes mentionnées de Johannes Mejer en 3 volumes et la Cartographie du Danemark (Danmarks kortlægning) en un volume, ainsi que la Cartographie des îles Féroé et la Cartographie d'Islande; en plus 23 grands volumes de mémoires (Skrifter) et 29 fascicules de communications (Meddelelser).