

# COMPTES-RENDUS

DES SÉANCES

DE LA QUATRIÈME CONFÉRENCE  
DE LA COMMISSION PERMANENTE

ET

DE LA DEUXIÈME ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DE  
L'ASSOCIATION INTERNATIONALE DE SISMOLOGIE

RÉUNIES A

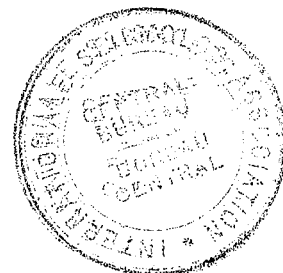
**MANCHESTER**

DU 18 AU 21 JUILLET

**1911**

RÉDIGÉS PAR LE SECRÉTAIRE GÉNÉRAL

R. DE KÖVESLIGETHY

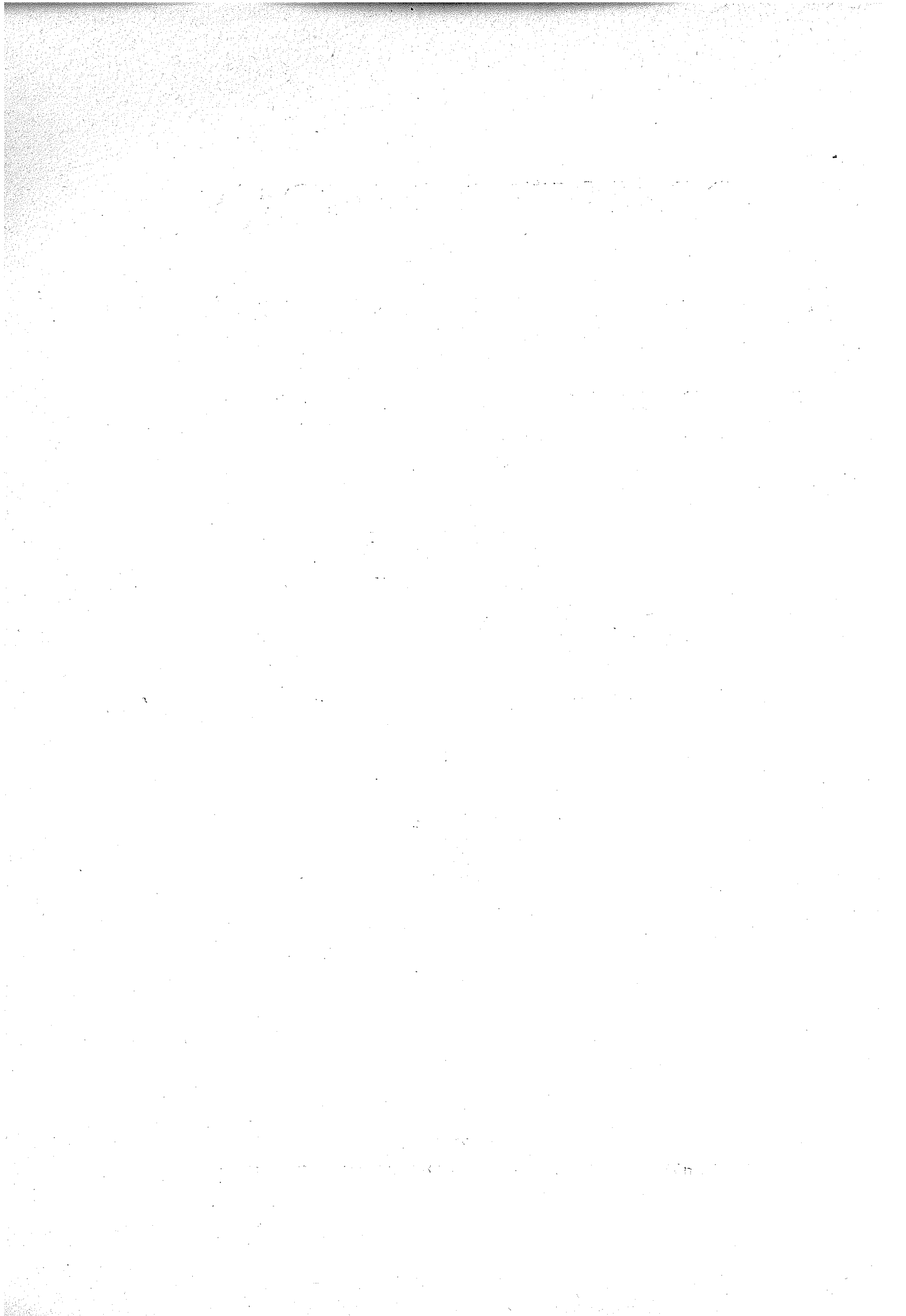


*Acc. Nat. N° 634.*



BUDAPEST

VICTOR HORNYÁNSZKY, IMPRIMEUR DE LA COUR IMPÉRIALE ET ROYALE 1912.



# PROCÈS-VERBAUX

DES SÉANCES DE LA  
QUATRIÈME CONFÉRENCE DE LA COMMISSION PERMANENTE  
ET DE LA DEUXIÈME ASSEMBLÉE GÉNÉRALE

DE

L'ASSOCIATION  
INTERNATIONALE DE SISMOLOGIE

RÉUNIES A MANCHESTER  
DU 18 AU 21 JUILLET 1911

# CONFIDENTIAL

ALL INFORMATION CONTAINED  
HEREIN IS UNCLASSIFIED EXCEPT WHERE SHOWN  
OTHERWISE BY THIS DOCUMENT

ADDITIONAL

INFORMATION IS AVAILABLE

BY REQUESTING A COPY  
OF THIS DOCUMENT

## Séance d'ouverture.

Mardi 18 juillet 1911.

Présidence de M. A. SCHUSTER, Président de l'Association internationale de sismologie.

La séance est ouverte à 9 heures 30 du matin dans la salle d'honneur, dite le Whitworth-hall, de l'Université.

Sont présents :

A) Sir ALFRED HOPKINSON, K. C., Vice-chancelier de l'Université,

B) Les délégués et invités :

### I. Allemagne.

M. E. WIECHERT, professeur à l'Université de Goettingue, délégué.

M. O. HECKER, professeur, directeur du Bureau central, Strasbourg.

M. K. HAUSSMANN, professeur à l'École polytechnique d'Aix-la-Chapelle.

M. J. B. MESSERSCHMITT, Dr., conservateur à l'Observatoire de météorologie et de magnétisme terrestre, à Munich.

M. L. MINTROP, directeur de l'Observatoire magnétique et sismologique, à Bochum (Westphalie).

M. E. RUDOLPH, professeur à l'Université de Strasbourg.

M. A. SCHMIDT, directeur de l'Institut central météorologique de Stuttgart.

M. R. SCHÜTT, directeur de l'Observatoire sismologique, à Hambourg.

M. E. TAMS, Dr., assistant à l'Observatoire sismologique, à Hambourg.

M. C. ZEISSIG, professeur à l'École polytechnique de Darmstadt.

### II. Autriche.

M. W. TRABERT, professeur, directeur de l'Institut central de météorologie et de géodynamique, à Vienne, délégué.

M. H. VON FICKER, professeur à l'Université de Gratz.

### III. Belgique.

M. G. LECOINTE, directeur scientifique à l'Observatoire royal de Belgique, à Uccle, délégué.

M. E. LAGRANGE, professeur émérite à l'École militaire, à Bruxelles, délégué du Ministère des Colonies, et de la Société belge de géologie, de paléontologie et d'hydrologie.

### IV. Bulgarie.

M. SPAS WATZOF, directeur de l'Institut météorologique, à Sofia, délégué.

### V. Canada.

M. O. KLOTZ, docteur, astronome à l'Observatoire astronomique, à Ottawa, délégué.

## VI. Espagne.

M. E. MIER Y MIURA, ingénieur-géographe, à Madrid, délégué.

Le R. P. E. M. S. NAVARRO-NEUMANN, S. J., directeur de la Station sismologique de Cartuja (Grenade).

## VII. États-Unis de l'Amérique du Nord.

M. H. F. REID, professeur à l'Université Johns Hopkins, à Baltimore, délégué.

## VIII. France.

M. A. ANGOT, directeur du Bureau central météorologique, à Paris, délégué.

Le R. P. B. BERLOTY, S. J., docteur ès sciences mathématiques, directeur de l'Observatoire de Ksara, Ksara (Liban).

M. A. LEBEUR, directeur de l'Observatoire national, à Besançon.

## IX. Grande-Bretagne.

M. A. SCHUSTER, président de la Commission permanente de l'Association internationale de sismologie, professeur honoraire à l'Université de Manchester, délégué.

Sir GEORGE H. DARWIN, professeur à l'Université, à Cambridge.

M. H. MORRIS-AIREY, Whitley Bay, Northumberland.

M. F. NAPIER DENISON, du Bureau météorologique du Service météorologique canadien, Victoria, Colombie britannique.

M. C. COLERIDGE FARR, professeur.

M. C. G. KNOTT, professeur à l'Université d'Édimbourg.

M. H. LAMB, professeur à l'Université de Manchester.

M. A. E. H. LOVE, professeur à l'Université d'Oxford.

M. J. D. MILNE, professeur, Shide, Isle of Wight.

M. EDWARD NORRIS.

M. R. D. OLDHAM, ancien surintendant du Service géologique des Indes, Londres.

M. J. PERRY, professeur.

M. J. J. SHAW.

M. W. N. SHAW, directeur du Bureau météorologique, Londres.

M. G. WALKER, surintendant de l'Observatoire météorologique, magnétique et sismologique à Eskdalemuir.

## X. Hongrie.

M. R. de KÖVESLIGETHY, secrétaire général de la Commission permanente de l'Association internationale de sismologie, professeur à l'Université de Budapest, délégué.

## XI. Italie.

M. L. PALAZZO, professeur, directeur de l'Institut central météorologique et géodynamique, à Rome, délégué.

M. A. LO SURDO, professeur, directeur de l'Observatoire royal du Musée, Florence.

M. E. ODDONE, professeur, premier assistant à l'Institut central météorologique et géodynamique, à Rome.

M. G. B. RIZZO, professeur, directeur de l'Observatoire sismologique, à Messine.

## XII. Japon.

M. F. OMORI, professeur à l'Université de Tokio, délégué.

### XIII. Pays-Pas.

M. J. P. VAN DER STOK, directeur à l'Institut météorologique royal, à De Bilt, délégué.

M. E. VAN EVERDINGEN, professeur, directeur en chef de l'Institut météorologique royal, à De Bilt.

### XIV. Roumanie.

M. ST. HEPITES, vice-président de la Commission permanente de l'Association internationale de sismologie; directeur supérieur honoraire de l'Institut météorologique de Bucarest, délégué.

### XV. Russie.

M. LE PRINCE GALITZINE, membre de l'Académie impériale des Sciences de St-Petersbourg, délégué.

M. G. LEWITZKY, curateur du district scolaire de Varsovie, membre de la Commission centrale sismologique à St-Petersbourg, Varsovie.

M. A. ORLOW, professeur à l'Université de Juriew (Dorpat), membre de la Commission centrale sismologique à St-Petersbourg.

### XVI. Serbie.

M. J. MIHALOVITCH, professeur, maître de conférences de sismologie à l'Université de Belgrade, délégué.

### XVII. Suisse.

M. F. A. FOREL, professeur honoraire à l'Université de Lausanne, à Morges, délégué.

M. le Président donne la parole à M. le Vice-chancelier qui prononce le discours suivant:

Ladies and Gentlemen,

I desire, on behalf of our University, to express a very hearty welcome to the members of the Association and to say how much gratification it gives to my colleagues and to myself to see you in Manchester and that your Meetings will be held within the walls of the University. It is an additional pleasure to know that you are meeting here under the Presidency of DR. ARTHUR SCHUSTER, to whose long association with us, our University owes so much. We feel it an honour to receive here so many distinguished men of science from all parts of the world, some of whom visit us for the first time and others who are already known here personally as well as by repute. I may mention in particular PRINCE GALITZIN whom we have enrolled as one of our Honorary Graduates in Science, and DR. MILNE whom Lancashire is proud to claim as one of her most distinguished men of science. I trust that your deliberations may be interesting and fruitful and that you will carry away happy memories of your visit to Manchester.

(Vifs applaudissements.)

M. le Président, à son tour, prend la parole pour son discours d'inauguration (Art 1 de l'ordre du jour) qui suit:

Vice-Chancellor, Ladies and Gentlemen,

Since our last meeting important changes have taken place in our Central Bureau. Increasing age has compelled PROFESSOR GERLAND, to whose strenuous efforts the foundation of this Association is mainly due, to resign the Directorship of the seismological station at Strassburg. PROFESSOR O. HECKER who has been appointed in his place, has thereby become the Director of the Central Bureau, and you will agree with me, that no better choice could have been made. The excellence of his work is well known to you, and since he has entered into his new office, he has with characteristic energy, already done much to make the Bureau more efficient for its international

work. You will have an opportunity of showing your confidence in him, when we decide on the locality of the Central Bureau for the next period of four years, as though we have no official voice in the choice of the Director, it lies in our power to move the seat of the Central Bureau at any meeting of the General Assembly, if such a course seems desirable in the interest of our work.

Our Association primarily deals with the study of the causes of earthquakes and of their effects, but the interest which the public shews in our investigations is mainly due to the sympathy roused by the human suffering, which follows the trail of these seismic catastrophes. At present, we feel helpless, though perhaps not altogether hopeless, in the face of the destructive convulsions of the earth. The problem of constructing buildings which can withstand shocks of earthquakes does not enter into our programme, but it has been asked, and the question will be raised during the present meeting whether there are any preliminary indications, which would allow us to predict the occurrence of a dislocation of the soil, and take precautions to mitigate to some extent its power of destruction. Remembering how Meteorologists have succeeded in preventing loss of life at sea by predicting the course of cyclones in the Indian Ocean or the Gulf of Mexico, we might be tempted to hope that similar warnings may help us to fight the dangers of an earthquake. I am afraid that the cases are not quite analogous, and even if our knowledge should allow us in the future to form predictions of equal certainty, the dangers accompanying such predictions may overbalance its benefits. The precautions which can be taken in a harbour against an approaching storm are of a comparatively simple character, and the meteorologist is therefore justified in warning us against a probable storm which does not appear, but would the seismologist be justified in creating a panic and dislocating trade by predicting an earthquake which failed to take place. We can easily forgive the meteorologist who forecasts the weather as „fine to doubtful and stormy“, but should we forgive the seismologist when he forecasts the approaching seismic condition of our town as „calm to unstable and collapsing“. Perhaps it may seem to you that I am wandering beyond the range of practical science even in alluding to this subject; nevertheless the fear of creating panics by premature forecast is one which has already cast its shadows in advance, and I am informed that Insurance Companies in this country have shown some irritation by the early publication of the indications of a destructive earthquake, which has taken place in a distant part of the world.

To the man in the street the question whether a thing is large or small is all important; to the scientific man it matters not at all; and a great part of our deliberations will deal not with catastrophes but with microscopic movements of the soil, movements so small that the vibrations due to the traffic in a city compare with it, as the waves of the ocean to the ripples on a pool. At the last meeting of the General Assembly four years ago you appointed a committee to investigate this microsisms. I need not remind you that there are two types of short waves which are frequently observed. One of them has independently been traced in different countries and by several observers to the action of the wind, which seems to create waves over an extended land surface just as it does over the ocean. The second type of vibration which occur in periods of from 5 to 10 seconds are more difficult to trace. It has been suggested that they are due to the impact of waves on the shore against which the wave strikes. For the purpose of testing this hypothesis, an instrument has been set up on the east coast of Yorkshire (partly paid for by the funds of this association), which automatically counts the number of waves which in a given time strike the shore. The Instrument, which was designed by the Cambridge Scientific Instrument Making Company, will be exhibited at this meeting. It has been set up and looked after with great ability by Mr. MORRIS-AIREY, and we are already able to say that it will fulfil its object, though the observations at present are too few to allow us to draw any conclusions.

While we rightly attach much value to the systematic investigation of minute disturbances we must not forget to keep in mind the source and origin of all dislocations of the soil. The recent advances in physical science render it imperative to review our position with regard to this fundamental question.



In our youth we were taught that the earth once a molten and fiery globe had gradually cooled down, leaving the inside still hot but gradually cooling and contracting. This contraction of the nucleus was looked upon as the primary cause of geological dislocations. But how do we stand at present? In the braking up of radio-active products we find a source of heat which — if the amount of radium and thorium in the interior of the earth is not decidedly less than that which is found near the surface — would not only balance the earth's loss of heat by radiation but actually increase its average temperature. Though reasons may easily be found why the surface layer of the earth may be richer in radio-active products than the core, I think that we are nevertheless driven to the conclusion that the earth is now, and has been for a long time, in thermal equilibrium and that shrinkage by cooling does not account for any of the more recent displacements. Why then should not the earth long ago have settled for itself all seismic questions, and have come to rest in a comfortable state of equilibrium? After the four or five million years, which it has had to calm down, we might have expected that everything, should be quietly arranged in uniform layers round the centre of the earth. Instead of this regular distribution of matter we have not only mountain chains, but also the depressions and elevations which cause the distribution of land and water over the globe. The causes of these inequalities have long interested geologists and mathematicians, but the wider discussion of the stability of the whole structure on which we live has only recently come into prominence. The subject is a most difficult and intricate one, and a most important contribution towards its elucidation has appeared within the last few weeks. In an essay to which the Adams Prize of the Cambridge University has been adjudged, and which, I think, will become a classical guide to all who intend to pursue the subject, PROFESSOR LOVE has treated the problems of Geophysics with masterly ability and lucidity. I wish it had been possible to arrange — perhaps it is still possible — for PROFESSOR LOVE to give you an account of his investigations, and in his presence it would be impertinent in me to explain, as otherwise I might have been tempted to do, the main conclusions at which he has arrived. I must therefore content myself with drawing attention to the great importance of this work, and alluding to one suggestion contained in it which more particularly touches a subject with which this meeting is concerned.

The important work of PROFESSOR HECKER, confirmed since by others, has allowed us to trace the tidal deformation of the earth and has brought to light the curious result that the earth appears to resist a change of shape less in the north and south than in the east and west direction.

PROFESSOR LOVE having failed to account satisfactorily for the effect in other ways suggests that the want of symmetry in the rigidity is apparent only and that the observed effects are caused by the attraction of the tide wave in the North Atlantic and its accompanying excess pressure on the sea bottom.

In the investigation of the tidal deformation of the earth our work overlaps that of the International Geodetic Association, and a communication from that body will have to be considered by us. In other directions our work closely touches that of the geologist and there may be points of contact with other parts of Geophysics, such as Meteorology and Terrestrial Magnetism. This interdependence of different branches of Science will force us before long to consider our relationship to other international associations.

The extreme specialisation which finds expression in the formation of so many different societies and associations is an evil which may be a temporary necessity, but which we should try to mitigate as far as possible. There ought to be a connecting link which draws us away from the minute elaboration of detail, and towards the great problems, that ought never to leave the mind of a man of science. But what is this connecting link to be, and what are the bonds which are to unite it to bodies of such varied interests and constitutions. I have formed my own opinion, but I am afraid on this occasion to enter on to ground which may be controversial.

In concluding these few words of introduction, I feel that I express your wishes, by thanking the Vice-Chancellor, who has found time among his many heavy duties to come here to welcome you.

Au milieu des applaudissements très nourris M. le Président déclare ouverte la quatrième Conférence de la Commission permanente.

Passant ensuite aux art. 2 et 3 de l'ordre du jour il invite, selon l'usage toujours suivi dans les réunions antérieures, M. HECKER, Directeur du Bureau central, à siéger auprès du Comité. Il propose également comme secrétaires adjoints locaux MM. H. GEIGER et W. MAKOWER.

Ces propositions adoptées sans observation, le Bureau se trouve au complet.

L'ordre du jour de la Conférence, dressé vers le commencement d'avril passé, sur un avant-projet qui a circulé parmi les délégués depuis la mi-décembre 1910, est adopté à l'unanimité. (Voir Annexes I.) Cependant il convient d'y ajouter les titres de quinze communications, récemment inscrites, portant les numéros 43—56 et en retrancher les art. 17, 26 et 42. En effet, aucun fait nouveau n'ayant surgi entre temps, le sujet du premier article se trouve épuisé dans les rapports divers, notamment celui du Secrétaire général; le vœu exprimé, dans le second a été transmis directement à la commission du Catalogue, et M. SIMOENS, délégué de la Société belge de géologie, de paléontologie et d'hydrologie, empêché d'assister, n'a pas envoyé le manuscrit, ni songé à le confier à quelqu'un de ces compatriotes. Il sera néanmoins imprimé, dans les Comptes-rendus, si M. SIMOENS en exprimera le désir.

Les numéros 4, 5, 7, 11 et 12 concernant la gestion financière et les travaux du Bureau central, et imprimés et distribués de bonne heure parmi MM. les délégués ne donneront guère lieu à une discussion préalable et seront, par conséquent, remis tout de suite aux commissions spéciales compétentes qu'on va nommer. (Voir Annexes II. 1, 2, 3, 4; III, V et VI.)

Toutes ces modifications sont adoptées.

Quant aux art. 11 et 12, d'ordre scientifique, la réunion peut s'exprimer tout de suite. En absence d'observations, les rapports de M. le Directeur du Bureau central sur l'activité et sur le programme du Bureau central sont approuvés.

M. le Président présente quelques lettres d'excuses, d'abord du Lord-maire CH. BEHRENS qui, retenu à Londres dans une commission parlementaire, est empêché de souhaiter personnellement, comme il eût désiré le faire, au nom de la ville de Manchester, la bienvenue aux membres de l'Association, ensuite celles des délégués et invités, notamment de MM. AGUILERA, CHAVES, EGINITIS, KOLDERUP et en particulier du COMTE MONTESSUS DE BALLORE qui confère son droit de vote à M. FOREL.

M. FOREL déclare accepter cette collation de droit de vote.

M. le Président rappelle ensuite que les invités, libres à prendre part aux discussions et aux votes des questions d'ordre scientifique, ne disposent cependant pas de voix pour les questions ayant trait à la constitution et l'administration de l'Association, une seule voix demeurant réservée pour chaque État, membre de l'Association.

Enfin il prie MM. les orateurs de remettre au Bureau un bref résumé des observations qu'ils pourraient proférer au cours des discussions et qui aideront utilement les notes sténographiques prises par M. le Secrétaire général. Il annonce en outre que toutes les séances suivantes seront tenues dans l'amphithéâtre du Laboratoire physique, où il y a également à la disposition des commissions spéciales des localités en nombre suffisant.

Quant à l'ordre du jour de cette première séance, M. le Président le fixe comme suit: il appellera les art. 9, 6, 8, 10, 27 et 24, tandis que l'après-midi sera entièrement réservé aux travaux des commissions spéciales.

Toutes ces propositions sont adoptées à l'unanimité.

En abordant cet ordre du jour, M. le Président invite M. le Secrétaire général à présenter son rapport. (Art. 9 de l'ordre du jour. Voir Annexes IV.)

Il est accueilli avec des marques d'approbation et la Conférence en prend bonne note.

A l'art. 6 de l'ordre du jour M. le Président rappelle d'abord que la Commission financière nommée à Zermatt portait les noms de MM. DARBOUT, LEWITZKY, PALAZZO, RIGGENBACH et VAN DER STOK. Désirant conserver la continuité de cette commission spéciale, il propose de la renommer en remplaçant les membres absents par MM. ANGOT et HEPITES.

La proposition adoptée à l'unanimité, la Commission financière se compose de MM. ANGOT, HEPITES, LEWITZKY, PALAZZO et VAN DER STOK; elle désignera elle-même son président. Comme plusieurs

résolutions exigeant des crédits pourront surgir au cours des délibérations, elle restera en permanence jusqu'à la fin de la réunion et se chargera avantagement des attributions de la Commission de conseil. (Art. 8 de l'ordre du jour.)

M. le Président relève que l'art. 22 de l'ordre du jour porte sur une modification du Règlement. Il y a deux propositions, l'une présentée, par le délégué anglais, l'autre par la délégation russe, et elles ont été communiquées, conformément à l'art. 9 du Règlement, aux délégués, dans la lettre de convocation. (Voir Annexes XV.) Avant de les débattre en séance plénière, on confiera utilement la question à une commission spéciale qui se composerait, de son avis, de MM. FOREL, HECKER, KLOTZ, LECOINTE, MIER Y MIURA et REID.

La proposition est adoptée à l'unanimité avec cette décision supplémentaire que MM. SCHUSTER et le PRINCE GALITZINE assisteront, avec voix consultative, à la séance de la commission.

M. FOREL, en qualité de président de la Commission du catalogue, demande à lui associer encore M. de KÖVESLIGETHY.

La proposition acceptée, la Commission du catalogue, constituée dans des réunions antérieures et continuée depuis, se compose de MM. FOREL, HECKER, KLOTZ, DE KÖVESLIGETHY, LEWITZKY, ODDONE, PALAZZO, RUDOLPH.

Enfin la Commission des microsismes, installée à la Haye et maintenue à Zermatt, et qui se compose de MM. FOREL, PRINCE GALITZINE, HECKER, KLOTZ, OMORI, REID, SCHUSTER et WIECHERT continuera son mandat.

Passant à l'art. 10 de l'ordre du jour, ayant trait aux observations des marées de la croûte terrestre, M. HECKER, sur invitation de M. le Président, lit son rapport préliminaire sur la rigidité de la Terre. (Voir Annexes VIII. 1.)

M. le Président considérant que ce rapport renferme la proposition de créer plusieurs nouvelles stations temporaires, de l'avis du rapporteur celles de Paris et Johannesburg, Transvaal, d'abord, une au centre de la Russie et au Canada, ensuite, préférerait, au lieu de débattre les détails — on avait déjà demandé, combien de stations on jugerait nécessaires et combien en seraient internationales — entamer la discussion du mérite de la question qui, engageant éminemment les finances, devra être soumise à la commission compétente.

M. LOVE, invité par M. le Président, à s'exprimer sur le sujet, fait observer que la rotation de la Terre ne saurait être rendue responsable que dans une très faible mesure de la différence, d'ailleurs purement apparente, entre les composantes Nord-Sud et Est-Ouest de la rigidité du globe, celle-ci étant supérieure. La rotation produit un écart dans le sens révélé par l'observation, mais le montant en est de beaucoup trop petit. Étant donné la période de la force, et la carte des lignes cotidales, il finit par songer à une oscillation contrainte due à l'attraction de la marée montante dans la partie septentrionale de l'Océan Atlantique et à sa pression contre le fond de cette mer, et qui pourrait très bien produire l'effet cherché.

Le PRINCE GALITZINE et M. ORLOW plaident, au lieu d'une station dans la Russie centrale, pour une station en Asie, de préférence à Tomsk, qui relèverait mieux l'écart des deux composantes de la rigidité de la Terre.

M. VAN DER STOK appuie de tout cœur la proposition de M. HECKER, mais il conseille d'attendre d'abord le rapport de la Commission financière, le nombre des nouvelles stations dépendant nécessairement et du crédit disponible et des frais d'installation et d'entretien, qu'on voudra allouer à chacune de ces stations.

Quant à l'action perturbatrice des marées sur les enregistrements sismographiques et en suite de la communication de M. LOVE, il désire attirer l'attention de la Conférence sur les recherches récentes de M. le DOCTEUR BRAAK, sous-directeur de l'Observatoire de Batavia, qui ont paru dans les Comptes-rendus de l'Académie royale d'Amsterdam en avril dernier. Des enregistrements d'un sismographe, type Wiechert, relevés pendant une année, il déduit non seulement les constantes des principales marées lunaires et solaires, mais encore celles d'autres marées partielles.

Or les marées de la côte méridionale de Java sont du type océanique ordinaire ou semi-diurnes, tandis qu'à la côte septentrionale, dans la mer de Java, elles sont presque exclusivement mono-diurnes.

Par conséquent on s'attendrait à ce que la composante Est-Ouest des marées de la Terre ne soit que faiblement perturbée par les marées de la mer à l'Ouest de Java, pendant que la composante Nord-Sud devra montrer une perturbation considérable, et notamment le mouvement semi-diurne des marées par les marées océaniques de la côte méridionale, les marées partielles mono-diurnes par les marées diurnes de la mer de Java. Et en effet, c'est ce que M. BRAAK a prouvé.

Comme il n'y a plus d'observation sur ce sujet, M. le Président propose la nomination d'une commission spéciale avec mandat d'établir le nombre nécessaire des stations; elle devra se mettre en relations avec la Commission financière.

La Commission pour l'étude des marées terrestres et de la rigidité de la Terre est composée comme suit: MM. ANGOT, HECKER, KLOTZ, ORLOW, REID, VAN DER STOK.

Cette proposition et la liste des membres sont adoptées à l'unanimité.

L'ordre du jour indique l'art. 27 et M. le Président donne la parole à M. KLOTZ qui expose les motifs de sa proposition tendant à l'homologation des bulletins sismologiques (Voir Annexes XIV. 1.).

Comme l'orateur demande l'installation d'une commission spéciale, M. le Président propose comme membres de la Commission du bulletin MM. ANGOT, GALITZINE, HECKER, KLOTZ, MILNE, OMORI, REID, TRABERT et WIECHERT.

Cette liste est adoptée à l'unanimité.

M. le Président donne ensuite la parole à M. RIZZO qui remercie d'abord chaleureusement l'Association d'avoir inscrit, sur sa demande et celle du délégué officiel de l'Italie, à son ordre du jour, un vœu pour la prompt reconstruction de l'Observatoire de Messine (art. 24 de l'ordre du jour). Il déclare que le Gouvernement italien a décerné d'accorder un premier fonds dans ce but. Certes, la somme dont on dispose actuellement, n'est pas encore fort élevée, 250,000 francs environ, mais il espère avec l'appui moral et la sympathie de l'Association internationale de sismologie pour cet observatoire si important, que le gouvernement se décidera de le relever entièrement pour le plus grand intérêt de la science et de la vie. Qu'il puisse présenter, à la prochaine réunion, un rapport des plus favorables!

La Conférence applaudissant à l'heureuse initiative du Gouvernement italien se rallie à l'orateur pour remercier ce gouvernement et pour émettre un vœu fervent de voir mené à bien la reconstruction de l'Observatoire de Messine.

L'ordre du jour de cette séance étant épuisé, et personne ne demandant la parole, M. le Président indique encore l'ordre du jour de la deuxième séance qui comportera les articles 18, 20, 22, 25, 23, 21, 28, 29 et 32. En outre il invite les commissions spéciales à désigner leur président et leur rapporteur et à tenir, au cours de l'après-midi, leurs séances.

Enfin il donne des détails concernant deux excursions qui se feront le samedi 22 juillet, parallèlement à l'Observatoire météorologique et géodynamique d'Eskdalemuir et à Chester. Étant donné les circonstances locales, le nombre des participants à la première de ces excursions devrait être limité à une vingtaine de personnes.

Puis, comme l'orgue de la salle Whitworth est un des meilleurs en Angleterre, M. le docteur J. KENDRICK PYNE se ferait un plaisir d'y exécuter quelques morceaux choisis, le jeudi 20 juillet, au soir, si le désir lui en est exprimé.

Toutes ces communications sont accueillies avec des remerciements.

La séance est levée à 11 heures et quart.

## Deuxième Séance.

Mercredi 19 juillet 1911, matin.

Présidence de M. SCHUSTER, Président de la Commission permanente.

Bureau et assistance au complet.

La séance est ouverte à 10 heures 10.

M. le Président annonce qu'il vient de recevoir un télégramme du Gouvernement anglais ainsi conçu :

„To the Seismological Association c. o. PROFESSOR SCHUSTER, Kent House, Victoria Park, Manchester.

His Majesty's Government heartily welcome your Association, and wish success to their deliberations. They rejoice to see the attempt to organise seismological observations internationally, which was initiated by the British Association, under the influence of Dr. MILNE, bearing fruit through your Association on British soil.

WALTER RUNCIMAN, President of the Board of Education“.

La lecture en est accueillie avec des applaudissements chaleureux prolongés.

Sur l'invitation de M. le Président, la traduction littérale française de ce message est lue par M. le Secrétaire général ; elle porte :

„A l'Association sismologique aux soins du PROFESSEUR SCHUSTER, Kent House, Victoria Park, Manchester.

Le Gouvernement de Sa Majesté donne une cordiale bienvenue à votre Association et souhaite bon succès à ses délibérations. Il se réjouit de voir que l'initiative, prise par la British Association sous l'influence du DOCTEUR MILNE, pour l'organisation internationale des observations sismologiques, porte, par votre Association, des fruits sur le sol britannique.

WALTER RUNCIMAN, Ministre de l'Instruction publique“.

et donne lieu à une nouvelle manifestation de sympathie.

M. VAN DER STOK demande la parole pour proposer le texte d'une réponse télégraphique ; elle est conçue comme suit :

„To the Right Honourable WALTER RUNCIMAN, President of the Board of Education, London.

The International Association of Seismology desire to convey their respectful thanks to His Majesty's Government for their kind message of welcome and to express their gratification at the cordial reception they have received in this country.

ARTHUR SCHUSTER, President. R. DE KÖVESLIGETHY, Secretary.“

La Proposition de M. VAN DER STOK est adoptée par acclamation.

M. le Président passant à l'art. 18 de l'ordre du jour donne la parole à M. FOREL, pour présenter son rapport sur les travaux de la Commission du catalogue. (Voir Annexes IX.)

Les résolutions de la Commission sont adoptées sans discussion à l'unanimité.

M. le Président prend la parole pour déposer son rapport sur la question de la bibliographie sismologique (Art. 20 de l'ordre du jour et Annexes XII.) qui a été dressé sur le mandat dont la Commission de la bibliographie est détentrice depuis la réunion de Zermatt. Il ajoute une fois de plus que les frais de tirage à part d'un volume consacré entièrement à la sismologie, et qui sont évalués à présent à 625 francs environ, s'élèveront, grâce à l'accroissement continu de la littérature sismologique, bientôt à un millier de francs, et il demande, si, dans les conditions actuelles, le désir d'avoir à part un volume de bibliographie sismologique, était justifié.

M. ANGOT tout en faisant l'éloge du résumé de bibliographie très détaillé et soigneusement travaillé qui se trouve publié périodiquement dans les „Beiträge zur Geophysik“ estime, néanmoins, qu'un catalogue spécial, tiré du catalogue général qui, lui-même, est déjà devenu indispensable, est absolument nécessaire.

M. HECKER est du même avis et cela d'autant plus qu'il craint, qu'avec l'accroissement de la littérature, la compilation de la liste bibliographique des „Beiträge zur Geophysik“ ne devienne de plus en plus difficile. Il assure encore à l'Association qu'elle pourrait dépenser, dans ce but, sans trop de difficulté, un millier de francs, et il conseille d'entamer les négociations aussi tôt que possible.

MM. REID et KLOTZ estiment, eux aussi, que, bien qu'on ne puisse pas la fixer définitivement, la somme exigée ne dépasse point les ressources de l'Association.

Le rapport est adopté et la résolution formulée en ces termes :

„The Association approves the publication of the Bibliography of Seismology in accordance with the proposal submitted in the report“.

La mise aux voix est adoptée à l'unanimité.

A l'art. 22 de l'ordre du jour M. le Président fait observer que la modification du Règlement proposée par les délégués anglais et russe envisage le seul but d'assurer une plus grande liberté de mouvement à la réunion. La différence, plus apparente que réelle, entre la Conférence de la Commission permanente et l'Assemblée générale, disparaîtra peu à peu, on pourra se réunir, selon les besoins, et sans se heurter contre l'art. 6 de la Convention, dans deux, trois ou quatre ans, et on ne sera plus obligé de faire précéder celle-ci d'une séance de la Commission permanente.

La modification ne touche qu'aux quatre premiers alinéas de l'art. 2 et à l'art. 7 du Règlement qui devrait être supprimé en conséquence. Les deux derniers alinéas de l'art. 2 qui concernent le Secrétaire général et les élections restent inaltérés.

L'art. 2 modifié du Règlement porte donc :

#### *Art. 2 modifié.*

Le Comité de la Commission permanente est formé par le Président, le Vice-président et le Secrétaire général.

La Commission permanente se réunit en séance ordinaire à la même époque que l'Assemblée générale. Dans cette réunion elle nomme son Président et son Vice-président. Ceux-ci entrent en fonctions le 1-er avril suivant et les conservent jusqu'au 1-er avril qui suit la prochaine Assemblée générale.

Le Président et le Vice-président ne sont pas immédiatement rééligibles, chacun dans sa fonction.

Les deux derniers alinéas de l'art. 2 sont maintenus, l'art. 7 est supprimé.

Mis aux voix — les délégués des États votant seulement — il est adopté à l'unanimité, et l'art. 7 du Règlement est supprimé en conséquence.

A l'art. 25 de l'ordre du jour M. le Président invite M. HECKER à présenter le rapport de la Commission des marées terrestres. (Voir Annexes VIII. 2.)

Lecture en étant donnée, M. le Président demande d'abord l'avis de la Commission financière.

M. HEPITES, au nom de cette commission, déclare qu'elle trouvera les moyens de mettre à la disposition de la Commission des marées une somme d'environ 10 à 12 mille marks.

Sir GEORGE DARWIN ayant la parole, rappelle en des termes élogieux l'oeuvre accompli par M. HECKER, pendant ces dernières sept années, à Potsdam et il salue avec enthousiasme la proposition de coopération, pour l'observation des marées terrestres, avec l'Association géodésique internationale. A son avis, de telles observations devraient être exécutées au voisinage de l'Océan Atlantique, par exemple à Paris, mais aussi en Russie, où elles subissent le moins possible l'action déviatrice et dépressive des marées. Il appuie le voeu de M. HECKER que l'Observatoire de Johannesburg s'occupe, dans le même but, d'observations sismologiques, et qu'un jour on dispose, malgré les difficultés de l'entreprise, au milieu du continent d'Australie, d'un pareil observatoire. Bien qu'il ne prenne plus activement part, depuis des années, à cette oeuvre, il continue toujours à lui prêter tout son intérêt et, très content de recontrer ici M. LOVE, il apprécie particulièrement les études de ce savant.

M. LOVE remercie des aimables paroles qui lui ont été adressées et donne, lui aussi, tout son appui moral à l'oeuvre qu'on cherche à entreprendre.

M. FOREL, convaincu par tout ce qu'on vient d'énoncer, dans l'intérêt du sujet, de l'importance de la question qu'il trouve désormais réalisable, accepte et le principe et l'allocation d'une somme de 10 à 12,000 marks. Cependant il y voit encore quelques difficultés que des explications supplémentaires, ajoutées au rapport de la Commission, sauront certainement dissiper. Il s'agit de préciser le plan des observations, de désigner l'autorité qui en sera chargée, est-ce le Bureau central, est-ce la Commission elle-même? — de répartir les crédits parmi les stations à créer, de veiller à ce que les sommes accordées ne soient point dépassées, questions qui seront sans doute à la charge du Bureau central.

A l'avis de M. SCHUSTER la question est beaucoup plus simple. Étant admis que le directeur d'un observatoire, disons de Paris, se prête à de telles observations, ce n'est point le Bureau central, mais la Commission des marées elle-même qui entrera en relations avec celui-ci.

Et en effet, M. ANGOT y voit la simple conséquence du vote. Qu'on lui donne l'instrument nécessaire, il se chargera à ses frais et à ses risques de le faire marcher, dans les caves de l'Observatoire.

Étant convenu que la première tâche de la Commission des marées sera le choix convenable des observatoires, question, sur laquelle s'engage une courte conversation préalable, le rapport de M. HECKER est mis aux voix et adopté à l'unanimité.

Passant à l'art. 23 de l'ordre du jour, M. le Président rappelle que la motion de M. OMORI aurait dû être présentée à Zermatt, mais arrivée trop tard alors et ayant égard à l'absence de l'auteur, on l'a tenu en suspens. (C.-R. Zermatt, 1909, pages 29 et 119.)

M. OMORI explique que l'indication du sens du mouvement, dans les sismogrammes et bulletins, doit se rapporter toujours à la particule en mouvement du sol, et non pas au pendule.

Après la remarque du PRINCE GALITZINE que la Commission du bulletin s'est déjà occupée de la question, M. le Président propose de transmettre cette motion à ladite commission.

La proposition est adoptée.

Exauçant l'art. 21 de l'ordre du jour, M. LECOINTE se borne à déposer au Bureau le rapport de M. P. OTLET, Secrétaire général du Congrès mondial des Associations internationales. Vu la technicité de ce rapport, il se prêterait mal à un bref résumé.

M. le Président en recommande l'impression dans les Comptes-rendus et fait ressortir l'importance générale de la question qu'il a, d'ailleurs, lui-même abordée dans son adresse d'ouverture. L'accroissement continu des associations internationales fait surgir, à son avis, qu'il émet, sans vouloir provoquer ici la moindre discussion, la question d'un organe central qui devrait être reconnu par les diverses associations intéressées. On a même suggéré d'ores et déjà que l'organe le plus propre serait l'Association internationale des Académies. Mais avant une pareille reconnaissance générale de la part des associations on ne saurait faire aucune communication officielle.

Comme il n'y a pas d'autres observations, M. le Président invite M. REID à présenter ses motions. (Art. 28 de l'ordre du jour.)

M. REID propose que tous les enregistrements soient préparés pour la publication jusqu'au premier avril et publiés ensuite sous la forme de catalogue. En outre on devrait prendre soin que la publication soit assurée même pour les observations les plus récentes.

Cette motion très bien accueillie sera transmise, sur la proposition de M. le Président, à la Commission du catalogue. Toutefois il fait remarquer que la précipitation de la publication des données en empêche la critique, ce qui pourrait devenir quelquefois fâcheux après coup.

Quant à l'art. 29 de l'ordre du jour, relatif au perfectionnement de l'hodographe, M. REID déclare que, pour épargner du temps, il le présentera comme corollaire de l'art. 39 de l'ordre du jour.

L'ordre du jour appelant l'art. 32, M. le Président invite le PRINCE GALITZINE à faire sa conférence sur la détermination de l'épicentre moyennant les données d'une seule station sismologique. (Voir Conférences II.)

Cette conférence, dont l'entente a été facilitée par des projections lumineuses et un tableau numérique, distribué parmi les assistants et ayant pour titre : „Bestimmung der Lage des Epizentrums eines Bebens aus den Angaben einer einzelnen seismischen Station“, et recueillant les déterminations faites jusqu'ici, a été saluée avec des applaudissements les plus vifs.

M. WALKER y apporte un exemple supplémentaire tout récent. Il trouve pour le tremblement de terre du 4 juillet dernier, en se basant sur les données de l'Observatoire d'Eskdalemuir, par la méthode du PRINCE GALITZINE, la position du foyer sous la latitude  $38^{\circ} 57' N$  et la longitude  $71^{\circ} 22' E$ , tandis que les enregistrements des stations Hambourg, Darmstadt et Laibach amènent à un épicentre situé sous  $39^{\circ} N$  et  $72^{\circ} E$ , ce qui est un accord tout à fait satisfaisant.

Le fait le plus remarquable dans les recherches du PRINCE GALITZINE est toutefois d'avoir fait disparaître entièrement, grâce à l'intervention du sismographe à composante verticale, l'ambiguïté qui régnait jadis dans la direction de l'épicentre. En effet l'emploi du pendule à composante horizontale seule laissait indifféremment le choix entre deux directions opposées.

M. REID demande si les ondes sont des ondes de condensation ou de dilatation dans tous les cas ; ou, si elles sont d'un caractère dans certains cas, et d'un autre dans d'autres cas.

Le PRINCE GALITZINE, faute d'observations, ne saurait pas encore répondre à cette question.

MM. OLDFHAM et KNOTT félicitent le PRINCE GALITZINE très chaleureusement d'avoir ouvert de nouvelles voies aux recherches et en particulier d'avoir su choisir, parmi les ondes simultanées de caractère différent, celle qui, à elle seule, peut localiser, sans ambiguïté, le foyer sismique.

M. le Président se rallie aux orateurs pour remercier le conférencier de sa communication instructive et importante.

Il annonce en outre à l'Association que le R. P. NAVARRO-NEUMANN S. J. vient de faire don, à la Bibliothèque du Bureau central, de deux cartons renfermant l'un la série complète des publications de la Station sismologique de Cartuja (Grenade), l'autre une douzaine de grands tableaux photographiques d'instruments et de sismogrammes, et deux photographies démontrant les effets du tremblement de terre de Santafé du 31 mai dernier.

La réunion accueille ce don avec des vifs remerciements.

M. le Président renvoie la séance à 2 heures et demie de l'après-midi et signale qu'elle portera sur les art. 31, 33—35 de l'ordre du jour.

Le séance est levée à midi 5.



## Troisième séance.

**Mercredi 19 juillet, après-midi.**

Présidence de M. SCHUSTER, Président de la Commission permanente, secondé par le Bureau complet. Tous les délégués et invités assistent à la séance.

La séance est ouverte à 2 heures 35.

La parole est au PRINCE GALITZINE pour sa conférence traitant l'observation de la composante verticale du mouvement du sol. (Art. 31 de l'ordre du jour et Conférences III.)

Le pendule à composante verticale monté et rectifié, comme prêt à fonctionner, se trouve exposé dans l'amphithéâtre, et la conférence est illustrée par des projections lumineuses.

La conférence finie, l'orateur est chaleureusement applaudi et M. LAMB, lui adressant particulièrement la parole, fait l'éloge et de l'instrument et de la méthode qui sert au relèvement du mouvement vertical du sol. Le rapport des amplitudes des deux composantes d'une onde, constante dans la théorie simplifiée, ne l'est pas rigoureusement en vérité, mais dépend de la nature du sol, notamment de la relation des deux constantes élastiques qui, elle-même, est différente pour les roches diverses. Il est donc très content d'apprendre que les expériences du PRINCE GALITZINE confirment ces déductions. L'emploi combiné des deux pendules à composantes horizontale et verticale éveille l'espoir de savoir déterminer immédiatement l'angle d'émergence. Cependant l'intervention des ondes réfléchies y apporte, comme, d'ailleurs, cela a été dit par l'orateur même, une complication qu'on ne sait pas maîtriser à l'heure qu'il est.

M. SCHUSTER observe, lui aussi, qu'en déterminant l'hodographe au moyen de l'angle d'émergence par la méthode usuelle, on commet une erreur assez sérieuse, parce que cet angle peut être modifié par les couches superficielles de la terre. On sait que dans l'optique, des couches très minces ont une grande influence sur la polarisation de la lumière. Enfin il remercie le PRINCE GALITZINE de sa conférence éminemment novatrice.

Aux art. 33—35 M. WIECHERT donne un résumé de quelques travaux exécutés en collaboration par les Observatoires sismologiques de Goettingue et Apia. Ils seront publiés séparément par les soins de l'auteur.

Cette conférence est également écoutée avec la plus grande attention.

Comme personne ne demande la parole, M. le Président félicite l'orateur de sa communication et indique que la séance du 20 juillet, matin, sera consacrée aux travaux de l'Assemblée générale. Elle comportera encore les art. 15, 45, 49, 36, 37, 44, 46 et 47 de l'ordre du jour.

La séance est levée à 4 heures 15.

## Quatrième séance.

### Assemblée générale de l'Association internationale de sismologie. Jeudi 20 juillet, matin.

Présidence de M. SCHUSTER, Président de la Commission permanente.

Bureau et assistance au complet.

La séance de l'Assemblée générale est ouverte à 10 heures 10.

Par suite de l'art. 6, dernier alinéa de la Convention et de l'art. 3 alinéa 3 du Règlement, les invités ont droit à assister aux séances et de l'Assemblée et de la Commission permanente. Il n'y a donc aucune différence sous le rapport de l'assistance, et les deux premiers articles de l'ordre du jour de l'Assemblée peuvent être supprimés.

Avant d'aborder cet ordre du jour, M. le Président donne la parole à M. le Secrétaire général pour une communication.

M. le Secrétaire général signale qu'il a reçu hier une lettre de M. GERLAND que l'Assemblée accueillera certainement avec intérêt. En exprimant ses remerciements pour l'aimable invitation qui lui a été adressée, M. GERLAND présente ses excuses de ne pas pouvoir se rendre à cette invitation, bien que la plupart des articles de l'ordre du jour soient d'un intérêt personnel pour lui. Il salue très cordialement ses anciens collègues et collaborateurs et leur souhaite bon succès.

Cette lettre est saluée avec des chaleureux applaudissements et M. le Secrétaire général est chargé d'y répondre, au nom de l'Assemblée, par un télégramme de salutation.

M. le Secrétaire général promet accomplir cette tâche.

M. le Président fait observer que l'art. 15 de l'ordre du jour, concernant le lieu et l'époque de la prochaine conférence, relevait de la modification du Règlement. Cette modification adoptée, il paraissait utile de renvoyer la question à l'Assemblée.

M. LECOINTE ayant la parole fait remarquer que fixer l'époque de la prochaine réunion, comme l'exige purement et simplement l'art. 15 de l'ordre du jour, implique le maintien de la pratique suivie jusqu'ici. La Convention prescrit, par son article 6, pour l'assemblée générale un intervalle maximum de quatre ans, tandis que, d'habitude, la Commission permanente se réunissait tous les deux ans. Or, la différence entre les deux organes s'évanouissant peu à peu, il trouve plus avantageuse une période de trois ans et il propose, par conséquent, que la prochaine réunion ait lieu dans trois ans, proposition qui est secondée par M. FOREL.

Comme l'Assemblée approuve, sans opposition, cette proposition, M. le Président énonce que l'Assemblée générale et la Conférence de la Commission permanente auront lieu à la même époque, dans trois ans, en 1914.

Ensuite il donne la parole au PRINCE GALITZINE qui adresse à l'Assemblée une invitation très cordiale à tenir sa cinquième réunion à St-Petersbourg.

M. KLOTZ, au nom du Gouvernement du Dominion et au nom de la capitale, invite l'Association au Canada, particulièrement à Ottawa, et explique très éloquemment les avantages de ce choix.

M. LECOINTE est chargé par le Gouvernement belge, d'inviter avec instance l'Association internationale de sismologie à tenir sa prochaine session à Bruxelles. Tout en accomplissant cette mission, il ne peut s'abstenir de rendre hommage aux services éminents rendus par les savants russes à la sismologie et, en conséquence, il estime, malgré son vif désir de recevoir ses collègues à Bruxelles, qu'en présence de l'invitation formulée par le PRINCE GALITZINE, il serait justice qu'on décidât de se réunir à St.-Petersbourg en 1914.

M. DE KÖVESLIGETRY, ayant la même autorisation pour présenter une invitation à Budapest, fait la même déclaration.

Toutes ces communications sont entendues avec des marques de reconnaissance.

Après la renonciation des représentants de la Belgique et de la Hongrie, il reste deux invitations, et M. le Président demande à M. KLOTZ, comme ayant présenté son invitation en deuxième lieu, s'il désire une décision par suffrage.

M. KLOTZ, dans le vif espoir, d'ailleurs partagé par M. le Président et toute l'Assemblée, qu'un jour on se rendra au Canada, pour y tenir la Conférence, renonce à la voie du suffrage.

M. le Président énonce par conséquent que l'invitation à St-Petersbourg pour y tenir, en 1914, la cinquième réunion de l'Association, conférence et assemblée, est adoptée à l'unanimité.

L'Assemblée accompagne cet énoncé par de vives marques de sympathie.

Quant à l'élection du Président et Vice-président, prérogative de la Commission permanente, elle est réservée à l'ouverture de la Conférence.

Passant à l'art. 3 de l'ordre du jour de l'Assemblée, qui traite la question du siège du Bureau central, M. FOREL demande la parole.

Retraçant en quelques éloquents paroles l'histoire du Bureau central, M. FOREL rappelle qu'on a choisi, dès la première réunion, la Station centrale de Strasbourg. Il y a à peine un an que la direction a passé du fondateur de l'Association, de M. GERLAND, à M. HECKER. Cette transition s'est faite sans difficulté ni perturbation et le choix du Gouvernement allemand, eu égard à la personne du nouveau directeur, nous a donné pleine satisfaction. Certes, l'institution étant jeune, il y a encore des perfections à apporter, mais on paraît être en bonne voie et l'Association continuera assurément à lui confier la gestion de ses intérêts techniques. En conséquence il propose, et est en cela secondé par M. REID, de voter qu'on continue à charger la Station centrale de Strasbourg des fonctions du Bureau central de l'Association.

M. le Président, sans s'opposer du moins du monde à cette proposition, espère, par principe, que le transfert réitéré du Bureau central à la même station n'implique pas le renoncement au droit de changer, ni l'apparence que ce droit soit de pure forme. Il y a bien des raisons qui font désirer que le Bureau central ne reste pas toujours à la même place et, si quelque assemblée future fait une telle proposition de déplacement, cela ne devra être considéré aucunement comme un vote de méfiance à l'égard de Strasbourg. Avec cette réserve, qui est de principe, il accepte, lui aussi, la proposition.

Mise aux voix, la proposition de maintenir le Bureau central auprès de la Station centrale de Strasbourg, est adoptée à l'unanimité.

Passant à l'art. 4 de l'ordre du jour de l'Assemblée, M. le Président invite MM. les délégués à déposer sur le Bureau leurs rapports nationaux sur le service sismologique. Ils seront publiés dans les comptes-rendus de la session.

MM. les délégués se conforment à cette invitation. (Voir Annexes XVI. 1—19.)

Trois exceptions seules sont admises en faveur du R. P. BERLOTY, à cause de l'instrument prêté par l'Association même et avec lequel il désirerait continuer les observations; de M. LAGRANGE qui donnera, pour la première fois, des nouvelles du Congo, et du PRINCE GALITZINE, à cause de l'intérêt plus que national de sa conférence, inscrite, d'ailleurs, à l'ordre du jour dès le premier moment.

M. le Président invite par conséquent le R. P. BERLOTY à présenter sa relation. (Art. 45 de l'ordre du jour et Annexes XVI. 8c.)

Le R. P. BERLOTY demande en terminant sa relation que le prêt du sismographe de son observatoire, consenti pour quatre ans, soit prorogé au delà des deux années qui restent encore à couler.

Comme cette demande implique une motion, M. ANGOT, entrant dans les vues du rapporteur et considérant l'excellent usage de l'instrument en question, formule la proposition qui suit :

„Le Bureau central de Strasbourg est autorisé à proroger le prêt du sismographe, figurant sur l'inventaire de l'Association internationale de sismologie et confié pour quatre ans à l'Observatoire privé de Beyrouth, au delà des deux années qui restent encore à couler“.

Cette proposition soumise à l'approbation est adoptée à l'unanimité.

L'ordre du jour de l'Assemblée indiquant l'art. 6, M. le Président donne la parole à M. de KÖVESLIGETHY pour faire sa conférence sur la possibilité de la prévision des tremblements de terre. (Voir Conférences VIII.)

Elle est accueillie avec des applaudissements.

Personne ne demandant la discussion, M. le Président passe à l'art. 7 de l'ordre du jour de l'Assemblée et invite M. REID à développer le sujet dudit article : Mouvements du sol et tremblements de terre pendant l'élévation des chaînes de montagnes. (Voir Conférences XVIII.)

Cette conférence est également saluée avec des applaudissements.

La discussion ouverte, M. OLDHAM, se référant aux deux communications précédentes, rappelle qu'il avait jadis, lui aussi, conçu l'idée que les tremblements de terre seraient causés par la détente subite d'une tension accumulée peu à peu. Cependant, dans le cours des dernières années de graves doutes lui surgirent, et une autre hypothèse alternative lui paraît également admissible dès maintenant, l'hypothèse, qu'une cause quelconque inconnue produise soudainement cette grande tension. Il y a un fait saillant sur lequel il désire attirer l'attention de ses collaborateurs. Chaque fois qu'on a pu comparer des observations géodésiques du sol après et avant un tremblement de terre, elles témoignaient, par l'élévation du terrain, l'existence d'une expansion, et non pas seulement d'une compression et d'une distorsion du sol.

Le grand tremblement de terre de San Francisco fournit peut-être l'exemple le plus décisif, car la côte de Californie est à présent, hors de tout doute, plus longue d'environ dix mètres qu'elle ne l'était il y a 50 ans. Pour conclure, il recommande aux chercheurs futurs de se souvenir qu'il existe deux hypothèses raisonnables sur les causes des sismes, partant qu'on devrait examiner sérieusement chacune des deux possibilités.

M. le Président remercie les deux conférenciers de leurs communications et M. OLDHAM de ses observations supplémentaires, et donne la parole à M. ODDONE pour sa communication relative à la détermination dynamique du module d'élasticité des roches. (Voir art. 49 de l'ordre du jour, et Conférences XII.)

M. ODDONE explique et démontre son appareil, en même temps très ingénieux et très simple, et expose la méthode analytique, due à M. LOVE, dont il se sert pour la déduction du module.

Cette communication, agrémentée par quelques démonstrations, est vivement applaudie, et le PRINCE GALITZINE émet le vœu que l'orateur continue ses recherches par cette méthode vraiment dynamique. Il se demande même, si le Bureau central ne devait pas se charger de telles observations. Cependant il attire l'attention de l'orateur sur ce que les équations appelées à donner la vitesse de propagation des ondes élastiques ne sont pas complètes, et ne sont valables, dans la forme présentée, que pour des milieux propagateurs linéaires. Pour des milieux à trois dimensions toutes les deux constantes élastiques doivent entrer à la fois dans l'équation.

M. ODDONE ne voulait donner qu'un aperçu ; on peut naturellement très bien corriger les vitesses obtenues qui, d'ailleurs, en admettant la constance du coefficient de Poisson, sont simplement à multiplier par le même facteur.

M. le Président remercie M. ODDONE de son intéressante communication, et invite M. PALAZZO à présenter sa relation sur la triangulation sismologique proposée en Italie. (Art. 36 de l'ordre du jour et Annexes XVI. 12 b.)

L'Assemblée prend bonne note de la communication de M. PALAZZO, à qui M. le Président, lui aussi, exprime ses remerciements.

A propos de l'art. 37 de l'ordre du jour M. MIHALOVITCH déclare que son mémoire sur la détermination de l'activité des périodes sismiques, par l'étendue même du sujet, ne se prête guère à la communication orale. Il se contente d'en déposer le manuscrit au Bureau.

M. le Président en ordonne l'impression dans les Comptes-rendus. (Voir Conférences X.)

Passant à l'art. 44 de l'ordre du jour, M. le Président donne la parole à M. DENISON qui, à l'aide de nombreux tableaux graphiques, exposés dans l'amphithéâtre, fait connaître la relation entre le pendule horizontal et certains phénomènes, particulièrement l'explosion du grisou et l'approche des variations dans la pression barométrique. (Voir Conférences I.) Il termine sa communication en observant que l'île de Vancouver serait un lieu très propice pour les recherches de ces phénomènes en relation avec des tremblements de terre, et il espère obtenir sans difficulté du Gouvernement canadien les subsides pour l'installation d'instruments modernes et à la hauteur de la science, si l'Association, approuvant l'oeuvre faite jusqu'ici, lui donne son appui moral.

Personne ne demandant la parole pour la discussion, M. le Président remercie, au nom de l'Assemblée, l'orateur et lui promet, avec les marques d'assentiment général, la rédaction, en temps et lieu, d'un tel voeu.

Passant enfin aux art. 46—47 de l'ordre du jour; M. le Président invite M. OMORI à présenter ses observations sur les volcans Asama-yama et Usu-san.

La conférence se fait au milieu d'une exposition d'une série de splendides photographies à très grande échelle donnant des scènes de l'éruption de l'Asama-yama, l'élévation du sol pendant l'activité du volcan, les suites topographiques de cette élévation et des enregistrements des microsismes accompagnant l'agitation de l'Uso-san en 1910, et est entendue avec la plus grande attention. (Voir Conférences XIII et XIV.)

Puisqu'on ne demande pas à discuter la question, M. le Président remercie M. OMORI de son intéressante conférence et clôt la séance de l'Assemblée générale.

L'ordre du jour de la séance de l'après-midi, consacrée entièrement aux communications scientifiques, portera sur les art. 38, 41, 30, 50, 39 et 52 de l'ordre du jour.

Enfin M. le Président convoque la Commission des microsismes pour cet après-midi et lève la séance à midi 15.

## Cinquième séance.

**Jeudi 20 juillet, après-midi.**

Dans une salle du Laboratoire physique se trouve exposé le compteur d'ondes construit par la Cambridge Scientific Instrument Company et qui a fonctionné pendant deux mois sur la côte du Yorkshire; l'amphithéâtre est orné d'une série de cartes géographiques envoyée par M. CHOFFAT et montrant l'étendue du tremblement de terre de Ribatejo, la répartition géographique des répliques, ainsi que quelques reproductions démontrant les ravages qu'il a causés. M. KLOTZ enfin a fait apposer aux murs des tableaux graphiques contenant un certain nombre d'enregistrements des microsismes comparés aux courbes de l'anémographe, du thermographe et du microbarographe.

Présidence de M. SCHUSTER, Président de la Commission permanente.

Bureau et assistance au complet.

La séance est ouverte à 2 heures et demie.

M. le Président invite M. KLOTZ à présenter ses études comparatives sur les sismogrammes et autres enregistrements d'ordre météorologique. (Art. 38 de l'ordre du jour et Conférences VII.)

Cette conférence illustrée par la comparaison des diagrammes exposés est vivement applaudie.

La discussion s'engageant, M. SHAW fait observer que le déplacement de l'air chaud et froid pourrait bien expliquer les effets démontrés par les sismogrammes. Toutefois on doit se souvenir de ce que des changements brusques de la position du pendule ne sauraient s'expliquer que par des variations soudaines dans les conditions météorologiques.

M. SCHUSTER tire de la conférence la leçon qu'au lieu d'avoir des observatoires météorologiques et des observatoires sismologiques, il faudrait installer, vu la corrélation des instruments, plutôt des observatoires géophysiques. Enfin il remercie l'orateur de sa communication instructive, et, passant à l'art. 41 de l'ordre du jour, donne la parole à M. ORLOW.

La conférence de M. ORLOW sur la déformation du globe sous l'influence de l'attraction de la Lune (Voir Conférences XV.), qui regarde de si près la tâche de la Commission des marées, est écoutée avec le plus grand intérêt.

M. HECKER, ayant la parole, fait observer que dans les enregistrements relevés au nouvel observatoire de Freiberg, Saxe, la différence entre les composantes Nord-Sud et Est-Ouest est devenue essentiellement plus petite, mais qu'elle existe néanmoins très sûrement et qu'elle est du même ordre que la différence trouvée par M. ORLOW. Le seul fait qui impose une certaine réserve est que les observations ne datent que de cinq mois. A Freiberg, à 150 kilomètres au sud de Potsdam, le pendule est monté sur la roche primitive, notamment sur gneis, tandis qu'à Potsdam la localité de l'instrument est creusée dans le sable. Très probablement on ne saurait rendre responsable uniquement la composition géologique du sol de cette différence, dont les causes restent, essentiellement, inconnues jusqu'ici.

M. le Président remercie M. ORLOW d'avoir exposé, en très peu de mots, un sujet des plus importants.

Passant ensuite à l'art. 30 de l'ordre du jour, il invite le PRINCE GALITZINE à présenter son échelle dynamique pour l'appréciation de la force des tremblements de terre. (Voir Conférences IV.)

Le PRINCE GALITZINE échelonne d'abord plusieurs briques en bois dur, de bases égales, mais de hauteurs différentes. Un modèle variable, mais toujours de même base, et dont le centre de gravité peut être élevé à volonté, sert à des expériences. En observant, après un tremblement de terre, les briques qui sont tombées et celles qui restent debout, on obtient deux valeurs limites de l'accélération du choc. Sur la demande de M. SCHUSTER l'orateur ajoute que par un artifice spécial le glissement des briques est tout à fait exclu.

M. le Président, faisant ressortir l'importance de posséder un moyen simple pour mesurer scientifiquement la force des sismes, remercie chaleureusement le PRINCE GALITZINE de ses recherches.

A l'article 50 de l'ordre du jour M. LO SURDO s'explique sur la transmission des secousses sismiques aux navires. (Voir Conférences IX.)

On accueille très bien cette communication et, personne ne demandant la parole, M. le Président en remercie le conférencier.

Passant alors à l'art. 39 de l'ordre du jour qui, par la matière même implique aussi l'art. 40, M. le Président invite M. REID à faire sa conférence sur l'hodographe et sur la propagation des ondes sismiques. (Voir Conférences XVI.)

L'intérêt avec lequel on suit la communication témoigne, à lui-même, de l'importance du sujet. M. REID la termine par la motion que le Bureau central, utilisant des tremblements de terre soigneusement choisis, se charge du perfectionnement de l'hodographe. (Art. 29 de l'ordre du jour.)

Le PRINCE GALITZINE reconnaît l'importance fondamentale de la question et pense que, comme la question de l'hodographe perfectionné intéresse les sismologues de tous les pays, cela serait justement un travail que le Bureau central de l'Association internationale de sismologie devrait entreprendre. Mais il y a des difficultés autres que purement techniques. Faire un choix raisonnable sur les tremblements de terre veut dire évidemment qu'on ne doit prendre comme base que ceux, dont l'épicentre soit bien défini, et dont le foyer soit assez peu étendu pour pouvoir passer comme point géométrique. Alors même la profondeur entraîne une correction non négligeable, surtout aux environs de la région la plus ébranlée. Encore, le but qu'on envisage étant le perfectionnement de l'hodographe, la règle courante pour calculer la position de l'épicentre est trop grossière, surtout si l'on se souvient que quelquefois, bien que le premier mouvement soit bien défini, le maximum n'arrive que quelques secondes après ( $iP$  suit un  $eP$ ). Et cet épicentre est-ce qu'il est bien constant? On connaît, par exemple, des cas (voir les recherches de M. ROSENTHAL) où il se déplace le long d'une ligne tectonique. Il faut faire entrer encore en considération la direction, d'où la secousse arrive, voire les propriétés physiques des couches qui ont été traversées par les ondes sismiques et en général tout le chemin parcouru du choc. C'est bien la question du rayon sismique et voilà tout le cercle vicieux. Pour savoir dresser d'une manière parfaite l'hodographe pour la surface de la terre, on devrait connaître le chemin des rayons sismiques dans l'intérieur de la terre: l'intervention de la théorie s'impose. A noter enfin que chaque espèce d'ondes a, très probablement, pour cause de la dispersion sismique, son propre hodographe.

M. WIECHERT rappelle quelques résultats de ses études sur l'hodographe qui font voir que celui-ci n'est pas, à l'acception physique du mot, une courbe continue. Au delà de l'équateur sismique, l'épicentre étant considéré comme pôle, très peu d'ondes arrivent à une distance épacentrale d'environ 13,000 kilomètres. Cela tient à ce que le noyau de la Terre, agissant à peu près comme écran, empêche surtout les ondes précurseurs, dès une certaine distance sphérique du foyer, de pénétrer; on dirait qu'une ombre sismique de l'intérieur de la Terre se reflète sur l'hodographe, interrompant de cette manière sa continuité. Malgré cela on connaît tant bien que mal, jusqu'aux environs de l'antécitre, le cours de l'hodographe. Le fait, que cette dernière branche de la courbe marche à peu près parallèlement à l'axe des abscisses, nous autorise à la prolonger d'une manière

assez sûre jusqu'à l'antipode même du foyer. Au delà de l'ombre, à une distance épacentrale d'environ 16,000 kilomètres on voit réapparaître les premières ondes, celles, qui ont pénétré beaucoup plus profondément dans le corps du globe, mais elles sortent très sensiblement du prolongement de l'hodographe et accusent un retard considérable.

Somme toute on peu affirmer dès à présent que l'hodographe se compose de trois branches. Dans la deuxième partie, l'ombre, la composante horizontale est très faible, la verticale est un peu plus forte, de sorte que dans cette partie l'emploi d'un pendule à composante verticale est préférable. Pour la troisième branche, située dans un rayon de 2 à 4000 kilomètres autour de l'antipode, il n'y a guère d'observations précises, et elle est construite, pour le moment, plutôt au moyen d'une extrapolation. Considérant la répartition actuelle des observatoires, on ne peut pas même espérer que cette lacune soit bientôt remplie. Tout ce que nous savons sur l'hodographe est tiré des données de quelques observatoires choisis, très favorablement situés. Il faudrait au moins un observatoire aux environs du lac Tchad pour obtenir plus complètement les hodographes des tremblements de terre dont le foyer est situé dans l'Océan Pacifique.

M. LOVE, se rapportant à l'énoncé du Prince Galitzine que chaque espèce d'ondes a son propre hodographe, fit remarquer qu'une telle correspondance entre les ondes et les hodographes signifierait la dispersion. Quelquefois on a supposé que la théorie de l'élasticité excluait l'hypothèse de la dispersion des ondes sismiques, mais une théorie modifiée — qui fait entrer en considération les effets de la gravité et de l'hétérogénéité — montre que la vitesse des ondes peut dépendre de la période, et cela particulièrement pour les ondes aux périodes longues qui interviennent entre les ondes précurseurs et le plus grand mouvement du sol.

M. KNOTT déduit du commentaire présenté par M. WIECHERT la nécessité de doter de très bons instruments, type Galitzine et Wiechert, et surtout de pendules à composante verticale, autant de stations que possible. Il souligne le bien-fondé d'un prompt commencement et espère, de cette manière, combler la lacune indiquée par M. OLDHAM et trancher la question, posée par M. WIECHERT, de la constitution intérieure de la Terre. Enfin il s'explique sur les modifications que la profondeur finie du foyer pourrait apporter à l'hodographe.

M. DE KÖVESLIGETHY se référant à ce qui a été dit sur la dispersion sismique désire présenter quelques données expérimentales. A l'aide de l'équation de CANGANI, c'est-à-dire de la relation entre la force estimée et l'accélération d'un tremblement de terre qui est, en même temps, jusqu'ici, le meilleur moyen pour obtenir la profondeur du foyer, on déduit également le coefficient d'absorption. Des calculs faits jusqu'ici, à Budapest, ainsi que des résultats merveilleux de M. EGAS DE CASTRO (*Geodynamica Tellurica, Calculo provisorio da profundidade do hypocentro do sismo de 23 de Abril 1909. Coimbra 1910*), il résulte que deux groupes de valeurs, s'accordant parfaitement entre elles, existent pour ce coefficient, notamment, 0.004 pour les profondeurs du foyer très grandes, et 0.04 pour les faibles. Il convient d'y ajouter la valeur 0.0004 trouvée par M. ANGENHEISTER pour les ondes superficielles. Il est plus que probable que ces trois groupes de valeurs correspondent à des longueurs d'onde différentes, ce qui en effet serait l'expression de la dispersion. Il est même vraisemblable que l'absorption sismique soit l'inverse, en ce qui concerne la corrélation avec la longueur d'onde, de l'absorption optique.

Quant à l'influence de la profondeur du foyer sur la forme de l'hodographe, il y a eu des recherches théoriques et expérimentales. Dans le cas où la profondeur est finie, le premier élément de l'hodographe, au lieu de se détacher dès le commencement de l'axe des abscisses, coïncide avec celui-ci, déterminant ainsi un point d'inflexion. L'hodographe de quelques tremblements de terre bien observés aux environs de l'épicentre montre en effet cette inflexion. S'il était possible d'en fixer le lieu, ce qui en pratique est toujours très difficile, on disposerait d'un moyen fort simple pour le calcul de la profondeur. A part un facteur, dépendant de l'espèce des ondes, elle est proportionnelle au carré de la distance épacentrale du point d'inflexion. Au delà d'une assez faible distance de l'épicentre l'influence de la profondeur sur l'hodographe devient tout à fait insensible.



M. SCHUSTER fait observer que l'introduction de la dispersion apporte au problème une grande complication qui en rendrait encore plus difficile la solution. Tout d'abord c'est la vitesse de propagation qui se modifie et au lieu de rayons isolés on devra compter avec des vitesses de groupes. Enfin il demande s'il est prouvé que quelques ondes ont traversé le centre de la Terre, ou si ce sont simplement des ondes qui courent à la surface. Question qui, paraît-il, reste encore sans réponse.

M. REID ajoute encore qu'il existe déjà de bonnes observations jusqu'à la distance épacentrale de 160°, et qu'un élément très important pour le perfectionnement de l'hodographe est de savoir exactement l'époque de la secousse à l'épicentre.

M. WIECHERT désire répondre à une partie de la question de M. SCHUSTER, en expliquant, qu'en effet des ondes superficielles, les ondes dites de Rayleigh, existent. Quant à l'époque du tremblement de terre et la profondeur du foyer, la connaissance en exige des observations dans l'étroit voisinage de l'épicentre. M. RIZZO a eu l'occasion peu enviable de faire des expériences là-dessus; encore les stations les plus voisines étaient-elles à une distance de plusieurs centaines de kilomètres. Enfin il plaide en faveur de la sismologie expérimentale et de l'utilité d'observer les enregistrements des explosions ou de la chute de grandes masses, comme l'a fait récemment M. MINTROP.

M. DE KÖVESLIGETHY est d'avis que les observations du temps de l'arrivée des ondes produites artificiellement n'apprendront pas grand'chose. L'existence même d'un point d'inflexion dans l'hodographe, ou ce qui est à peu près identique, l'équation fondamentale de la sismologie, donnant le cosinus de l'angle d'émergence comme quotient des vitesses vraie et apparente, démontre que cette vitesse apparente ou superficielle de propagation devient infinie, aux environs de l'épicentre, si la profondeur du foyer reste finie. Dans un cercle donné l'arrivée des ondes est par cela même simultanée, ce qui se traduit par le fait connu qu'un cône d'explosion se forme.

M. WIECHERT croit devoir accepter ce raisonnement.

M. le Président remercie tous les orateurs d'avoir éclairci la question des observations d'un si vif intérêt.

Puis, il présente la motion de M. REID qui est ainsi libellée :

„Resolved: that this Association undertake through the Central Bureau or otherwise a careful study of the time of transmission of earthquake waves for the purpose of determining the transmission curve with the highest attainable degree of accuracy.“

Mise aux voix elle est adoptée à l'unanimité.

Enfin la parole est donnée à M. ZEISSIG qui présente une méthode graphique, très commode et suffisamment précise pour la détermination de la position de l'épicentre. (Art. 52 de l'ordre du jour et Conférences XIX.)

Pendant sa conférence il fait circuler quelques enregistrements relevés à l'Observatoire sismologique de Jugenheim.

M. KLOTZ félicite l'orateur de ces brillants enregistrements uniques, et le PRINCE GALITZINE en fait également l'éloge. Bien que le frottement de la plume soit aussi grand, que dans l'emploi du noir de fumée, celui-ci y voit un grand progrès. Il ne manque que de publier les artifices que M. ZEISSIG emploie pour arriver à une telle perfection du stylet enregistreur et sans quoi la méthode reste quelque peu personnelle.

M. ZEISSIG signale le fait qu'il y a à présent, à Darmstadt, un mécanicien qui s'occupe de la fabrication de ces plumes; elles sont ainsi à la portée de tous.

On accueille avec satisfaction cette nouvelle.

L'ordre du jour épuisé, M. le Président annonce que la séance de demain matin, séance de clôture, liquidera tous les articles restants de l'ordre du jour, notamment les rapports des commissions spéciales.

La séance est levée à 4 heures 40.

## Sixième séance.

Vendredi 21 juillet 1911.

Présidence de M. SCHUSTER, Président de la Commission permanente.

Bureau et assistance au complet.

La séance est ouverte à 10 heures 15.

L'ordre du jour appelant les art. 13 et 14 de l'ordre du jour, M. le Président invite MM. les délégués à inscrire, selon l'usage général, le nom de leur candidat sur un bulletin de vote. On votera d'abord sur le président, ensuite dans un deuxième tour sur le vice-président. Le vote se fera par appel nominal, de sorte que M. le Secrétaire général appellera, selon l'ordre de l'alphabet français, les États représentés. Pour le Chili c'est M. FOREL qui votera, partant il y a 18 votes dont la majorité absolue est 10.

Le scrutin fini, M. le Président énonce que sur 18 bulletins 17 portent le nom du PRINCE GALITZINE; évidemment c'est l'unanimité.

Par conséquent il proclame le PRINCE GALITZINE président élu de la Commission permanente.

Le PRINCE GALITZINE prend la parole et s'exprime comme suit:

Messieurs et chers collègues, je vous remercie très chaleureusement du grand honneur rendu à ma personne et à mon pays, que vous venez de témoigner en m'élisant votre président. Je tâcherai de mériter votre confiance et j'espère de pouvoir vous préparer, pour votre cinquième réunion, à St-Petersbourg, un bon accueil. (Applaudissements prolongés.)

Démêlant les bulletins du deuxième vote, M. le Président constate que sur 18 bulletins 16 portent le nom de M. LECOINTE contre un bulletin blanc et une voix pour M. MIER Y MIURA.

M. le Président proclame, par conséquent, M. LECOINTE vice-président élu.

M. LECOINTE prononce l'allocution suivante:

Messieurs, je vous remercie des votes sympathiques que vous venez de remettre. Mon discours sera en proportion de l'étendue de mes fonctions futures: je me bornerai simplement à vous renouveler l'expression de ma reconnaissance et à vous promettre que je m'efforcerai de suivre le bon exemple de mes prédécesseurs: MM. PALAZZO, VAN DER STOK, FOREL et HEPITES. (Applaudissements prolongés.)

Passant à l'art. 16 de l'ordre du jour qui embrasse les art. 4, 5 et 7, M. le Président invite M. HEPITES, président de la Commission financière à présenter son rapport. (Voir Annexes VII.)

Ce rapport, photocopié, a été distribué de bonne heure avant la séance.

Après lecture de cette pièce, M. FOREL fait remarquer que jusqu'à la prochaine réunion nous avons devant nous trois années comptables, et, cependant qu'à l'encontre de l'usage suivi jusqu'ici, à Rome, à la Haye et à Zermatt, le projet de budget n'a été dressé que pour une seule année. L'intention de la Commission financière a probablement été de ne point engager la Commission permanente pour une si longue durée, mais de la laisser libre pour discuter ce budget à la fin du

premier exercice et de voter, par correspondance, sur les expériences acquises, le budget des années suivantes. A son avis on devait le dire d'une façon précise. L'ancien procédé qui permettait de discuter verbalement, en séance de la Commission financière, d'abord, ensuite en séance plénière les questions budgétaires, avait ses avantages, et des propositions de modification ont été vite réglées, tandis que les choses risquent de traîner, si l'on recourt à la voie de correspondance.

M. HEPITES répond que les raisons qu'on vient d'entendre sont exactement celles qui ont conduit la Commission financière à ne dresser que le budget pour l'exercice 1911—1912. Elle croit avoir créé, en toute conscience, un budget type, laissant à la Commission permanente son entière liberté d'y apporter des changements s'il y a lieu. Donc ce budget continuera pendant les trois années, s'il ne surgit point de propositions de modifications. Autrement on s'entendra par correspondance.

M. FOREL, s'il accepte cette manière de voir, considérant la lenteur de la correspondance, surtout s'il y a des modifications qui exigent un échange réitéré de vues, recommande, de faire circuler le projet de budget bien des mois d'avance.

M. ANGOT secondant M. HEPITES explique que l'idée conductrice de la Commission financière était de dresser un budget consciencieux et justifié, parfaitement équilibré. Ce but a été entièrement atteint, il se présente même un excédent budgétaire, malheureusement pas trop grand. Comment en sera-t-il pour les années suivantes? Si, par exemple, des États nouveaux entraînent dans l'Association, il y aurait de nouveaux excédents et, très probablement le Directeur du Bureau central présentera alors quelques propositions de changement.

Il propose, d'accord avec M. HEPITES, d'accepter le projet de budget présenté.

L'approbation n'altérant nullement le droit de critique des délégués pour l'avenir, le projet de budget pour l'année budgétaire 1911—1912 est adopté à l'unanimité.

M. le Président donne ensuite la parole à M. PALAZZO pour une communication relative à l'adhésion de la République d'Argentine. (Art. 56 de l'ordre du jour et Annexes XVII.).

Elle est accueillie avec reconnaissance.

M. ANGOT qui, pour l'organisation du service magnétique et sismologique, a collaboré récemment avec M. DAVIS ne doute pas, au dire de celui-ci, que l'Argentine n'entre dans l'Association, et M. le Président déclare, lui aussi, avoir reçu une lettre de M. NEGRI qui confirme très heureusement ce qu'on vient d'entendre.

Revenant à l'art. 27 de l'ordre du jour, M. le Président invite M. KLOTZ à lire le rapport de la Commission du bulletin. (Voir Annexes XIV. 2.)

M. HECKER promet de promulguer, de la part du Bureau central, un modèle complet du bulletin conforme aux résolutions de la Commission. Il est à souhaiter que tous les États veuillent bien l'accepter. (Voir Annexes XIV. 3.)

M. le Président émet le même voeu en faveur du bulletin type.

Mis aux voix le rapport est adopté à l'unanimité.

Passant à l'art. 19 de l'ordre du jour, M. le Président invite M. HECKER à présenter le rapport de la Commission des microsismes. (Voir Annexes X.)

Lecture en ayant été donnée, M. le Président en présente un bref résumé en français et ajoute, qu'il est naturellement impossible, que chaque station fasse, jour par jour, des mesures complètes sur les microsismes. Par économie du temps on devra choisir certains jours, huit ou dix par an, et favoriser particulièrement, dans ce choix, l'hiver. Alors on mesurera, dans les enregistrements de ces jours, convenus d'avance, et les périodes et les amplitudes des ondes, et cela en différentes parties du jour. A son avis un tel procédé suffira.

Revenant alors à l'hypothèse de M. WIECHERT que les microsismes étaient dûs aux vagues battant les côtes de la mer, M. SCHUSTER rappelle qu'il a fait construire par la Cambridge Scientific Instrument Company sous la surveillance particulière de M. H. DARWIN un compteur d'ondes enregistreur qui a été installé pendant deux mois près de Newcastle. Il en donne la description, en explique le fonctionnement et fait circuler les enregistrements obtenus jusqu'ici. (Voir Annexes XI.) L'appareil

a été démonté pour une légère modification devenue nécessaire, mais il fonctionnera de nouveau sous peu.

M. ANGOT fait observer que le Bulletin météorologique mensuel du Bureau central météorologique publie les observations faites en France sur les microsismes, en exprimant leur force par une échelle allant de 0 à 3. Le Bulletin indique très sommairement le caractère plus ou moins troublé de la journée et les heures, où l'on a observé le caractère moyen du mouvement. Ces données succinctes n'équivalent pas, naturellement, à des mesures précises, mais donnent toutefois une idée du caractère des microsismes.

M. VAN EVERDINGEN présente quelques résultats préliminaires d'une recherche sur la corrélation des mouvements microsismiques observés à De Bilt et le mouvement des vagues dans l'Ouest de l'Europe, recherche commencée par M. VAN DIJK, chef de la section de sismologie à De Bilt. Il paraît que l'agitation de chaque partie de la mer détermine un autre groupe d'ondes de période définie; ainsi, si la Mer du Nord seule est agitée, on voit souvent de très fortes ondes ayant une période de 3 secondes 5; si la côte d'Écosse seulement est battue par les vagues, il se présente des ondes d'une période de 5 secondes; enfin les oscillations atteignent une période de 6 secondes, si la mer n'est grosse que le long des côtes de la Norvège. Si, par contre, la mer devient démontée par des tempêtes dans tout l'Ouest de l'Europe, on observera des ondes d'une période de 7 secondes en moyenne avec superposition des ondes secondaires des périodes plus courtes.

Les observations faites à De Bilt ne confirment pas la conclusion que la période des microsismes va, *en général*, en augmentant avec l'amplitude. En outre on a trouvé que les observations de l'état de la mer, indiquées dans les cartes météorologiques synoptiques, sont fort souvent peu propices pour caractériser celui de la haute mer; par contre on a recueilli un matériel beaucoup plus précieux, en faisant observer l'état de la mer six fois par jour, à bord des bateaux-phares hollandais.

Par conséquent M. VAN EVERDINGEN recommande d'utiliser autant d'observations recueillies sur des bateaux-phares que possible.

M. WIECHERT ajoute que M. GUTTENBERG, à Goettingue, croit pouvoir affirmer que l'action des vagues est maxima sur les côtes escarpées, la période étant, en même temps, de 6 secondes. A l'observatoire d'Apia, îles Samoa, les sismographes sont également toujours très agités, si les vagues se brisent contre les îles, surtout contre les plus grandes. De cette manière on peut même suivre de loin les cyclones traversant l'Océan Pacifique. Enfin on a compté plusieurs fois les lames, qui battaient 600 fois par heure la côte; or c'est précisément la période de 6 secondes, caractéristique pour les microsismes, dont M. HECKER a parlé.

M. HECKER raconte qu'il a mesuré, à plusieurs reprises, pendant ses voyages dans l'Océan Indien, et dans le Pacifique Nord et Sud, les périodes des vagues. A part la correction due à la marche du navire et à la direction du vent qui, d'ailleurs, disparaît dans la moyenne des observations, il trouve la période de 5—6 secondes. Elle est légèrement différente dans les mers différentes, mais toutes les valeurs se rangent entre des limites de 4 à 7 secondes autour de la moyenne qu'il vient d'indiquer.

M. KLOTZ a eu plusieurs fois l'occasion d'examiner l'action des ouragans. Ils produisent un mouvement du sol de 5—6 secondes de période. Mais contrairement à ce que dit M. VAN EVERDINGEN, il s'accuse, pour lui, une faible connexion entre la période et l'amplitude, de sorte que ces deux quantités croissent à la fois l'une avec l'autre. A coup sûr, l'accroissement de la période est très faible, mais il existe certainement. Enfin un fait analogue à celui que raconte M. WIECHERT, est, que la migration des cyclones se reflète également dans les microsismes du Canada. Malheureusement il ne voit pas dans les microsismes ce qui va arriver, mais seulement ce qui a été. De cette façon il peut suivre les dépressions barométriques des côtes de l'Amérique jusqu'aux bords de l'Europe. (Hilarité.)

Le R. P. NAVARRO-NEUMANN expose que les microsismes enregistrés à la Station sismologique de Cartuja, possèdent une période de 6 à 7 secondes. Ils arrivent généralement quand il y a une

dépression sur l'Océan Atlantique. Un cyclone dans la Méditerranée produit également des microsismes, mais alors ils ont la période de 3,5 à 4 secondes. Cette différence tient peut-être à la profondeur très différente des deux bassins. Très fréquemment, presque toujours, on a observé que les microsismes arrivent bien avant les dépressions barométriques, chose analogue aux houles qui vont devant le vent.

Le R. P. BERLOTY confirme ce que vient d'être dit; il observe, lui aussi, dans la station du Liban, à 40 kilomètres environ de la Méditerranée, des microsismes d'une période de 3 à 4 secondes.

M. WALKER, qui observe très assidûment le mouvement du sol, trouve par contre une période se rangeant entre 3 et 8 secondes.

M. VAN EVERDINGEN s'adressant à M. KLOTZ estime que, si les sismographes avaient été inventés une dizaine d'années plus tôt, on eût assurément attribué une grande importance à l'avertissement qu'ils sauraient donner. Actuellement, comme les microsismes n'arrivent que peu avant les dépêches météorologiques, leur avantage en météorologie est exigü.

M. WIECHERT recommande enfin à la Commission des microsismes de rechercher l'influence du roulement des vagues libres qui, arrivant plus régulièrement que les coups de la tempête, pourront avoir, grâce à la résonance, une action considérable.

La discussion étant close, M. le Président remercie les orateurs de leurs communications et met aux voix le rapport de la Commission des microsismes.

Il est approuvé à l'unanimité.

Passant à l'art. 51 de l'ordre du jour, M. le Président donne la parole à M. REID pour s'expliquer sur la comparaison de l'énergie de divers tremblements de terre. (Voir Conférences XVII).

M. le Président remercie l'orateur de son intéressante conférence et invite M. LAGRANGE à présenter sa relation sur l'organisation du service sismologique au Congo belge. (Art. 48 de l'ordre du jour et Annexes XVI. 3b.).

M. LAGRANGE est vivement félicité.

M. WIECHERT tient particulièrement à remercier M. LAGRANGE de l'heureuse initiative de la Belgique. Les stations sismologiques du bassin du Congo, à peu près l'antipode de l'Océan Pacifique, deviendront particulièrement importantes pour la connaissance et de l'hodographe sismologique et de la sismicité de l'Afrique, dont, jusqu'ici, on sait fort peu.

M. LAGRANGE, à son tour, remercie M. WIECHERT de ses aimables paroles qui contribueront certainement à accélérer cette entreprise scientifique.

A l'art. 54 de l'ordre du jour M. PALAZZO présente trois notes: une, au nom de MM. AGAMENNONE et CAVASINO, relative aux enregistrements sismologiques obtenus dans l'Observatoire géodynamique de Rocca di Papa pendant les douze dernières années, et qui a été illustrée par des sismogrammes que le rapporteur fait circuler, l'autre, au nom de M. CAVASINO, sur le catalogue mondial des macrosismes, enfin la troisième, au nom de M. MARTINELLI, sur la compilation des bulletins sismologiques. (Voir Annexes XVI. 12c et Appendices VII. et VIII.)

M. le Président remercie, au nom de la réunion, l'orateur de ces notes.

M. FOREL tout en se ralliant à cette manifestation, regrette que les deux dernières notes n'aient pas été plutôt présentées à la Commission du catalogue. Toutes les observations et critiques de la part des stations sont très désirables et seront toujours les bien venues, mais elles devraient être déposées en temps utile pour être discutées. Pour l'avenir il recommande d'adresser toute communication entrant dans cette catégorie directement au Directeur du Bureau central.

A l'art. 43 de l'ordre du jour le R. P. NAVARRO-NEUMANN donne d'abord la nouvelle qu'une Société scientifique pour l'avancement des sciences et plus particulièrement une Société d'astronomie d'Espagne ont été créées. Cette dernière publie une revue, dans laquelle les observations sismologiques trouvent aussi une large place, et dont il présente un numéro.

Ensuite il s'explique sur quelques causes d'erreur dans la détermination de l'heure dans les sismogrammes, (Voir Conférences XI.) et présente une deuxième note „sur le besoin de recueillir plus abon-

damment et avec la plus grande exactitude les renseignements macrosismiques", qu'il dépose au Bureau central.

La communication du R. P. NAVARRO-NEUMANN est chaleureusement accueillie.

L'ordre du jour indique les art. 53 et 55, et M. le Président invite M. HAUSSMANN à faire ses conférences.

M. HAUSSMANN déclare d'abord que sa première note, concernant une petite modification dans l'enregistrement mécanique et qui intéresse peut-être quelques sismologues pratiques, est d'ordre purement technique. Il se contentera de la déposer au Bureau pour l'impression dans les Comptes-rendus. La deuxième, relative à la détermination de la vitesse de propagation d'un tremblement de terre dans les couches superficielles du globe est très attentivement écoutée et M. le Président en remercie l'orateur au nom de la réunion. (Voir Conférences V. et VI.).

M. le Président arrive au dernier article qui porte sur l'art. 5 de l'ordre du jour de l'Assemblée générale.

Le PRINCE GALITZINE fait connaître le nouveau projet d'organisation du service sismologique dans l'empire de Russie. Nombre de projections lumineuses accompagnent ses explications qui sont suivies avec la plus grande attention. L'emploi, en dehors de tous les instruments, sismologiques proprement dits, des gravi-variomètres du BARON EÖTVÖS, dans les régions instables, témoignent de la circonspection avec laquelle on a procédé dans cette oeuvre importante. Leur emploi pourra peut-être contribuer au pronostic local. (Voir Annexes XVI. 17.)

M. HEPITES ajoute que la Roumanie, elle aussi, est en voie de compléter son service sismologique; les appareils du PRINCE GALITZINE entreront sous peu en fonction.

M. le Président présente enfin la rédaction de la motion qui donnera satisfaction à M. DENISON. Elle est ainsi conçue :

„The International Association of Seismology is glad to hear that there are prospects of the establishment of a seismological Laboratory in Western Canada and is much interested in the observations on tilt that have already been made there“.

Mise aux voix la motion est adoptée à l'unanimité.

L'ordre du jour de cette réunion épuisé, M. le Président donne encore quelques renseignements sur les deux excursions à Chester et Eskdalemuir qui se feront simultanément samedi 22 juillet.

Arrivé à la fin des travaux, M. le Président constate avec satisfaction que cette cinquième réunion, par le nombre et la qualité des assistants, qui lui n'ont jamais marchandé leur appui, par le nombre des communications intéressantes et importantes, n'a pas été infructueuse. Il remercie très chaleureusement tous les participants à la réunion qui, tous, ont été en même temps de très assidus collaborateurs pour le succès. Il remercie enfin M. le Secrétaire général de son oeuvre dévouée.

M. FOREL se lève et s'exprime en ces termes :

Messieurs, je vous invite à vous associer à moi pour témoigner notre grande reconnaissance à notre distingué Président, l'infatigable organisateur, qui a su réunir, dans une même action commune, des savants venant de tous les pays et conduire à bonne fin la session. Sa direction, très délicate, très active et toujours courtoise, a été d'une bonne grâce, d'une amabilité exquise et d'une science parfaite. Ici, pendant la huitaine de notre séjour et de nos travaux, comme il y a deux ans à Zermatt, il a été un président modèle. Aussi emportons-nous de Manchester un souvenir profondément reconnaissant qui s'adresse tout particulièrement à lui.

Je tiens à remercier encore, et je suis sûr que vous m'autorisez à le faire également en votre nom, M. le Vice-chancelier de l'Université Victoria, et de son aimable invitation, et de la générosité avec laquelle il a bien voulu mettre à notre disposition le splendide hall et le laboratoire de physique. La grâce avec laquelle il nous a facilité la connaissance personnelle de tant d'hommes distingués de cette savante Université, nous est particulièrement chère.

Nous exprimons enfin notre profonde reconnaissance à M. le Lord-maire BEHRENS de l'aimable accueil qu'il a bien voulu nous préparer dans le splendide Hôtel de ville de Manchester, et à M. le DOCTEUR KENDRICK PYNE de la jouissance musicale qu'il nous a réservé.

Enfin je remercie chaleureusement notre Secrétaire général de son oeuvre silencieuse dont nous verrons bientôt les produits dans les Comptes-rendus de la session.

Je vous propose de saluer, par acclamation, tous ceux que je viens de nommer, et de ne pas oublier M. le Vice-président, qui a si bien secondé notre président, pendant la durée de ses fonctions. (Applaudissements prolongés.)

M. le Président remercie, en son nom et au nom de M. le Secrétaire général des paroles aimables qu'on vient leur adresser; il prie M. le Secrétaire général de transmettre à M. le Vice-chancelier de l'Université les sentiments de reconnaissance exprimés, et il proclame la clôture de la quatrième réunion de l'Association internationale de sismologie.

La séance est levée à midi 40.

*Liste des publications présentées à la réunion.*

- FÜRST B. GALITZIN: Bestimmung der Lage des Epizentrums eines Bebens aus den Angaben einer einzelnen seismischen Station. In-folio, pp. 7.
- E. ODDONE: L'Eruzione Etnea del Marzo-Aprile 1910. Estr. dal Boll. della Soc. Sism. Ital. Vol. XIV. 1910. pp. 69.
- E. ODDONE: Sul coefficiente elastico di restituzione delle principali rocce costituenti la crosta terrestre. Roma, 1910. Rendiconti della R. Acc. dei Lincei, Classe di scienze fisiche, mat. e nat. Vol. XIX. pp. 648—656.
- O. KLOTZ: From the Dominion Observatory. Repr. from the Journ. of the R. Astr. Soc. of Canada, May-June, 1911. pp. 205—215. Stereographic Projection Tables.
- E. M. S. NAVARRO-NEUMANN S. J.: Les Tremblements de terre ressentis en Espagne pendant l'année 1909. Extr. de Ciel et Terre. 1910. pp. 14.
- E. MIER Y MIURA: Memoria acerca de la Organización del Servicio sismológico en España. Madrid, 1910. pp. 60. 8°.
- Teoría elemental de los pendulos horizontales. Revista de la R. Acad. de Ciencias Exactas, Fis. y Nat. de Madrid, 1910. pp. 8.
- Sismógrafo Analizador. *ibid.* 1911. pp. 34.
- Nuevos Instrumentos Sismológicos. Madrid, 1911. gr. 8° pp. 27.
- La Constitución Interna de la Terra y Las Causas de los Terremotos. Madrid, 1911. gr. 8° pp. 37.
- Utilidad de la Sismología. Madrid, 1911. gr. 8° pp. 13.

### Liste des invités empêchés d'assister à la réunion.

- MM. P. CHOFFAT, docteur, du Service géologique du Portugal, Lisbonne.  
R. CIRERA, directeur de l'Observatoire del Ebro, Tortose.  
V. CONRAD, professeur à l'Université de Czernowitz.  
G. DARBOUX, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences de l'Institut de France, Paris.  
G. GERLAND, ancien directeur du Bureau central, Strasbourg.  
M. H. GRAY, Abbey Wood, Kent.  
E. HARBOE, lieutenant colonel e. r., Copenhague.  
CH. M. A. HARTMAN, directeur à l'Institut météorologique royal, à De Bilt.  
TH. LEWALD, conseiller intime et directeur à l'Office impérial de l'intérieur, Berlin.  
A. A. NIJLAND, professeur à l'Université d'Utrecht.  
P. OTLET, secrétaire général de l'Institut international de bibliographie, à Bruxelles.  
A. RÉTHLY, assistant à l'Institut central météorologique, Budapest.  
E. ROSENTHAL, professeur à l'Université de Varsovie.  
H. G. VAN DE SANDE BAKHUYZEN, secrétaire perpétuel de l'Association géodésique internationale, Leyde.
-



ANNEXES — BEILAGEN.



**Ordre du jour de la quatrième séance (ordinaire) de la Commission permanente de l'Association internationale de sismologie du 18 au 22 juillet 1911 à Manchester.**

**Administration.**

1. Discours d'inauguration du Président.
2. Constitution du Bureau.
3. Communications administratives.
4. Rapport financier du Directeur du Bureau central du premier avril 1909 jusqu'au 30 juin 1911.
5. Rapport de M. VAN DER STOK sur l'exercice 1909—1910.
6. Nomination de la Commission de révision des comptes.
7. Projet de budget pour les années financières du premier avril 1911 au 31 mars 1912, et du premier avril 1912 au 31 mars 1913.
8. Nomination d'une Commission de conseil pour donner son préavis sur les motions.
9. Rapport du Secrétaire général.
10. Nomination de la Commission pour l'observation des marées de la croûte terrestre.  
Rapport de M. HECKER sur les résultats préliminaires des observations faites dans les mines de Freiberg de Saxe, Station de l'Institut royal géodésique de la Prusse, et dans les mines de Přeborn, Station de l'Association géodésique internationale.
11. Rapport du Directeur sur l'activité du Bureau central.
12. Programme du Bureau central pour les travaux à entreprendre pendant les années suivantes.
13. Élection du président de la Commission permanente.
14. Élection du vice-président de la Commission permanente.
15. Lieu et époque de la prochaine conférence.
16. Rapports de la Commission financière, et vote du projet de budget.
17. Exécution des résolutions de la troisième conférence.
18. Rapport de la Commission du Catalogue. (M. FOREL.)
19. Rapport sur l'état de la question des microsismes. (M. HECKER.)
20. Rapport sur l'état de la question de la bibliographie de sismologie. (M. SCHUSTER.)
21. Rapport sur le Congrès mondial des Associations internationales de Bruxelles. (M. LECOINTE.)

**Motions.**

22. Motion de M. SCHUSTER et proposition des Délégués russes concernant la modification des articles premier, 2 et 7 du Règlement de la Commission permanente de l'Association internationale de sismologie.

23. Motion de M. OMORI concernant l'indication du mouvement dans les sismogrammes (Comptes-rendus 1909, p. 29.)

24. Voeu pour la prompt reconstruction de l'Observatoire de Messine.
25. Coopération avec l'Association géodésique internationale pour l'observation des marées de la croûte terrestre; vote des subsides nécessaires.
26. Discernement strict, dans les catalogues sismologiques, des données observées et calculées.
27. Délégation d'une commission chargée de l'étude de l'uniformisation des bulletins des observatoires sismologiques. (M. KLOTZ.)
28. Le Bureau central est invité à publier très promptement les enregistrements des tremblements de terre. (M. REID.)
29. Le Bureau central est invité à faire des recherches approfondies pour la perfection de l'hodographe. (M. REID.)

### Communications et Discussions.

30. M. le PRINCE GALITZINE: Über eine dynamische Skala zur Schätzung der makroseismischen Bewegungen.
31. — Beobachtungen über die Vertikalkomponente der Bodenbewegung.
32. — Zur Frage der Bestimmung der Lage des Epizentrums eines Bebens aus den Angaben einer einzelnen seismischen Station.
33. M. E. WIECHERT: Was kann man aus den Erdbebendiagrammen folgern?
34. — Über Laufzeitkurven und Folgerungen auf den Weg der Erdbebenwellen.
35. — Über die Beschaffenheit des Erdinnern.
36. M. PALAZZO: Sur la triangulation sismologique proposée en Italie.
37. M. J. MIHAÏLOVITCH: Sur la détermination de l'activité des périodes sismiques.
38. Mr. O. KLOTZ: Auxiliary instruments for the interpretation of seismograms.
39. Mr. H. F. REID: The hodograph.
40. — Note on propagation of Earthquake Waves.
41. M. A. ORLOW: Les observations à Jurjew sur les déformations du globe sous l'influence de l'attraction de la Lune.
42. M. G. SIMOENS: Sur une orientation nouvelle de la sismologie en Belgique.
43. Le R. P. E. NAVARRO-NEUMANN: Quelques causes d'erreur dans la détermination de l'heure dans les sismogrammes.
44. Mr. N. DENISON: The Horizontal Pendulum in relation to certain Phenomena.
45. Le R. P. B. BERLOTY: Rapport sur le sismographe prêté à la Station de Beyrouth.
46. Mr. F. OMORI: Elevation and Earthquake Phenomena accompanying the Eruption of the Usu-san (Hokkaido) 1910.
47. — Tromometer Observations on the Usu-san and the Asama-yama Volcanoes.
48. M. E. LAGRANGE: Sur l'organisation de stations sismiques au Congo belge
49. M. E. ODDONE: Détermination dynamique du module d'élasticité des principales roches qui forment la croûte terrestre.
50. M. A. LO SURDO: On the transmission of the Earth's vertical motion to floating bodies.
51. M. H. F. REID: Comparison of the energy emitted by various Earthquakes.
52. M. C. ZEISSIG: Tafeln zur graphischen Herdbestimmung.
53. M. K. HAUSSMANN: Benzolberussung für mechanische Registrierung.
54. M. L. PALAZZO: Sur les enregistrements sismologiques obtenus à l'Observatoire géodynamique de Rocca di Papa pendant les douze dernières années (au nom de MM. AGAMENNONE et CAVASINO).  
— A propos du catalogue mondial des macrosismes (au nom de M. CAVASINO).  
— Sur la compilation des bulletins sismographiques (au nom de M. MARTINELLI).
55. M. K. HAUSSMANN: Feststellung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit eines Erdbebens in den obersten Schichten.
56. M. L. PALAZZO: Nota sulla probabile adesione dell' Argentina.

## **Ordre du jour de la deuxième Assemblée générale de l'Association internationale de sismologie du 18 au 22 juillet 1911 à Manchester.**

### **Administration.**

1. Discours d'inauguration de l'Assemblée générale.
2. Communications administratives.
3. Désignation de la Station centrale, siège du Bureau central.

### **Organisation.**

4. Rapports des Délégués sur le service sismologique dans les États associés.

### **Conférences et discussions.**

5. M. le PRINCE GALITZINE : Die neue Organisation des seismischen Dienstes in Russland.
6. M. R. de KÖVESLIGETHY : Sur la possibilité de la prévision des tremblements de terre.
7. Mr. H. F. REID : Earth Movements and Earthquakes during the Elevation of Mountain Ranges.

## Übersicht über die Verwaltung des Fonds der internationalen seismologischen Asso- ziation im Jahre 1909.

(Ein genauer Nachweis der Einnahmen und Ausgaben ist gesondert vorgelegt worden.)

### *Einnahmen:*

Bestand des Fonds Ende 1908 . . . . .	13,211·61 M
Beiträge für 1909 . . . . .	26,000·— ”
Beiträge für 1910 . . . . .	3,200·— ”
Zinsen und Kursgewinne . . . . .	460·97 ”
Erlös aus dem Verkauf von Publikationen . . . . .	11·03 ”
Rückzahlung Japans . . . . .	272·75 ”
Summe . . . . .	43,156·36 M

### *Ausgaben:*

#### I. Fortdauernde Ausgaben:

Vom 1. April bis 30. September 1909.

A) Gehalt des Generalsekretärs . . . . .	2,000·— M
Schreibhilfe . . . . .	1,000·— ”
B) Zentralbureau:	
a) Wissenschaftlicher Adjunkt des Direktors . . . . .	—·— ”
b) Wissenschaftlicher Hilfsarbeiter . . . . .	1,350·— ”
c) Zwei wissenschaftliche Hilfsarbeiter . . . . .	1,500·— ”
d) Mechaniker . . . . .	1,480·51 ”
e) Expeditionsbeamtin . . . . .	904·68 ”
f) Veröffentlichungen . . . . .	10,551·49 ”
g) Miete . . . . .	600·— ”
h) Bureaubedürfnisse, Bibliothek . . . . .	1,048·28 ”
i) Unterhaltung . . . . .	120·— ”
k) Kassenführer . . . . .	300·— ”
l) Unvorhergesehene Ausgaben . . . . .	—·20 ”
Summe . . . . .	20,855·16 M

Vom 1. Oktober bis 31. März 1910.

a) Generalsekretär:	
1. Gehalt des Generalsekretärs . . . . .	2,000.— M
2. Schreibhilfe . . . . .	1,000.— „
3. Druck der Sitzungsberichte . . . . .	„
b) Komitee der permanenten Kommission:	
Reisekostenentschädigung für einen Hilfsarbeiter . . .	107.38 „
c) Zentralbureau:	
1. Entschädigung des Direktors . . . . .	2,000.— „
2. Wissenschaftliche Mitarbeiter . . . . .	2,000.— „
3. Wissenschaftlicher Assistent . . . . .	532.26 „
4. Wissenschaftliche Hilfskraft . . . . .	604.68 „
5. Mechaniker . . . . .	1,015.07 „
6. Expeditionsbeamtin . . . . .	1,004.68 „
7. Veröffentlichungen . . . . .	54.65 „
8. Bureaubedürfnisse . . . . .	699.94 „
9. Bibliothek . . . . .	382.80 „
10. Unterhaltung . . . . .	120.— „
11. Miete . . . . .	600.— „
12. Materialien zur Ausführung praktischer Arbeiten . . .	194.10 „
13. Kassenführer . . . . .	300.— „
Summe . . . . .	12,615.56 M

II. Einmalige Ausgaben:

a) Zur Anstellung von Versuchen . . . . .	1,183.21 M
b) Unvorhergesehene Ausgaben . . . . .	„
c) Veröffentlichungen (Valparaisobeben) . . . . .	1,903.55 „
d) Untersuchung der auf das Preisausschreiben eingelierten Instrumente . . . . .	74.25 „
e) Veröffentlichungen des Zentralbureaus (bewilligter Kredit) .	„
f) Für mikroseismische Untersuchungen . . . . .	175.— „
g) Entschädigungen der an dem Instrumentenwettbewerb be- teiligten Konstrukteure . . . . .	666.67 „
Summe . . . . .	4,002.68 M

Summe der fortlaufenden Ausgaben I. Halbjahr . . .	20,855.16 M
„ „ „ „ II. „ . . .	12,615.56 „
„ „ einmaligen Ausgaben . . . . .	4,002.68 „
Summe . . . . .	37,473.40 M
Die Einnahme beträgt . . . . .	43,156.36 „
Bleibt Bestand . . . . .	5,682.96 M

In dem Bestande ist der Beitrag Russlands für 1910 mit 3,200 Mark enthalten, dagegen sind in demselben nicht enthalten die am 31. März 1910 rückständig gewesenen Beiträge für 1909 mit 10,800 Mark.

Die Gesamtsumme des disponiblen Fonds würde am 31. März 1909, wenn die bis zu diesem Termine fälligen Beiträge eingegangen wären und nur diese, betragen haben rund 13,280 Mark.

## Übersicht über die Verwaltung des Fonds der internationalen seismologischen Asso- ziation im Jahre 1910.

(Ein genauer Nachweis der Einnahmen und Ausgaben ist gesondert vorgelegt worden.)

### Einnahmen:

Bestand des Fonds Ende 1909 . . . . .	5,682·96 M
Beiträge aus dem Vorjahre . . . . .	6,800— ”
Beiträge für 1910 . . . . .	25,600— ”
Beiträge für 1911 . . . . .	3,200— ”
Zinsen und Kursgewinne . . . . .	395·94 ”
<b>Summe</b> . . . . .	<b>41,678·90 M</b>

### Ausgaben:

#### I. Fortdauernde Ausgaben:

a) Generalsekretär:	
1. Gehalt des Generalsekretärs . . . . .	4,000— M
2. Schreibhilfe . . . . .	2,000— ”
3. Druck der Sitzungsberichte . . . . .	2,899·08 ”
b) Komitee der permanenten Kommission:	
Frachtkosten . . . . .	375— ”
c) Zentralbureau:	
1. Entschädigung des Direktors . . . . .	4,000— ”
2. Wissenschaftlicher Mitarbeiter . . . . .	4,000— ”
3. Wissenschaftlicher Assistent . . . . .	1,800— ”
4. Wissenschaftliche Hilfskraft . . . . .	1,209·36 ”
5. Mechaniker . . . . .	2,030·23 ”
6. Expeditionsbeamtin . . . . .	2,009·36 ”
7. Veröffentlichungen . . . . .	5,783·30 ”
8. Bureaubedürfnisse . . . . .	1,203·84 ”
9. Bibliothek . . . . .	331·22 ”
10. Unterhaltung . . . . .	240— ”
11. Miete . . . . .	1,200— ”
12. Materialien zur Ausführung praktischer Arbeiten . . . . .	448·05 ”
13. Kassenführer . . . . .	600— ”
<b>Summe</b> . . . . .	<b>34,129·44 M</b>

#### II. Einmalige Ausgaben:

Mikroseismische Untersuchungen . . . . .	1,050— M
Frachtkosten (Disko) . . . . .	337— ”
<b>Summe</b> . . . . .	<b>1,387— M</b>
Summe der fortlaufenden Ausgaben . . . . .	34,129·44 M
” ” einmaligen Ausgaben . . . . .	1,387— ”
<b>Summe</b> . . . . .	<b>35,516·44 M</b>
Die Einnahme beträgt . . . . .	41,678·90 ”
Bleibt Bestand . . . . .	<b>6,162·46 M</b>



In dem Bestande ist der Beitrag Russlands für 1911 mit 3,200 Mark enthalten, dagegen sind in demselben nicht enthalten die am 31. März 1911 rückständig gewesenen Beiträge für 1909 und 1910 mit 12,000 Mark.

Die Gesamtsumme des disponiblen Fonds würde am 31. März 1910, wenn die bis zu diesem Termin fälligen Beiträge eingegangen wären und nur diese, betragen haben rund 14,970 Mark.

### Stand des Fonds der internationalen seismologischen Assoziation Ende Juni 1911.

<i>Einnahmen:</i>	
Bestand Ende 1910 . . . . .	6,162.46 M
Beiträge aus den Vorjahren 3,600 + 4,800 . . . . .	8,400.—
Beiträge für 1911 . . . . .	5,600.—
(Zinsen und) Kursgewinne (Agio) . . . . .	14.40 „
Einzahlung von Spanien . . . . .	100.— „
Summe . . . . .	20,276.86 M
<i>Ausgaben</i> (nach untenstehender Aufstellung) . . . . .	6,019.63 „
<i>Bestand</i> . . . . .	<u>14,257.23 M</u>

Von dem *Bestande*

waren bei der Aktienges. für Boden- und Kommunal-	
kredit in Elsass-Lothringen verzinslich angelegt	13,636.74
in der Kasse des Zentralbureaus befanden sich bar	620.49
Summe wie oben . . . . .	<u>14,257.23 M</u>

An Beiträgen waren noch rückständig:

aus dem Jahre 1909 . . . . .	400 M
„ „ „ 1910 . . . . .	3,200 „
„ „ „ 1911 . . . . .	28,000 „
Summe . . . . .	<u>31,600 M</u>

*Ausgaben bis Ende Juni 1911:*

a) 1. Gehalt des Generalsekretärs . . . . .	1,000.— M
2. Schreibhilfe . . . . .	500.— „
b) 1. Entschädigung des Direktors . . . . .	1,000.— „
2. Wissenschaftlicher Mitarbeiter . . . . .	1,000.— „
3. Wissenschaftlicher Assistent . . . . .	450.— „
4. Wissenschaftliche Hilfskraft . . . . .	302.34 „
5. Mechaniker . . . . .	502.34 „
6. Expeditionsbeamtin . . . . .	502.34 „
7. Veröffentlichungen . . . . .	56.— „
8. Bureaubedürfnisse . . . . .	164.01 „
9. Bibliothek . . . . .	33.60 „
10. Unterhaltung . . . . .	—.— „
11. Miete . . . . .	300.— „
12. Materialien zur Ausführung praktischer Arbeiten . . . . .	59.— „
13. Kassensführer . . . . .	150.— „
Summe der Ausgaben . . . . .	<u>6,019.63 M</u>

Strassburg, den 3. Juli 1911.

Der Direktor des Zentralbureaus  
O. HECKER.

## Übersicht

über die Beiträge, welche von den der internationalen seismologischen Assoziation angehörigen Staaten für die Jahre 1909 (Restbeträge aus der Aufstellung vom Juli 1909), sowie 1910 und 1911 entrichtet worden sind.

Nr.	S t a a t	Höhe des Beitrags nach Art. 4. Mark	Reste des Beitrags für 1909 (s. die Aufstellung vom Juli 1909)			Beitrag für 1910			Beitrag für 1911		
			zu zahlen	ge-zahlt	rück-ständig	zu zahlen	ge-zahlt	rück-ständig	zu zahlen	ge-zahlt	rück-ständig
			Mark			Mark			Mark		
1	Deutsches Reich . . . . .	3,200	—	—	—	3,200	3,200	—	3,200	3,200	—
2	Österreich . . . . .	3,200	3,200	3,200	—	3,200	3,200	—	3,200	—	3,200
3	Belgien . . . . .	800	—	—	—	800	800	—	800	—	800
4	Bulgarien . . . . .	400	400	400	—	400	400	—	400	—	400
5	Canada . . . . .	800	—	—	—	800	800	—	800	—	800
6	Chile . . . . .	400	400	400	—	400	—	400	400	—	400
7	Spanien . . . . .	1,600	1,600	1,600	—	1,600	1,600	—	1,600	—	1,600
8	Vereinigte Staaten von Amerika . . . . .	3,200	3,200	3,200	—	3,200	3,200	—	3,200	—	3,200
9	Frankreich . . . . .	3,200	—	—	—	3,200	3,200	—	3,200	—	3,200
10	Grossbritannien . . . . .	3,200	3,200	3,200	—	3,200	3,200	—	3,200	—	3,200
11	Griechenland . . . . .	400	400	—	400	400	400	—	400	—	400
12	Ungarn . . . . .	1,600	1,600	1,600	—	1,600	—	1,600	1,600	—	1,600
13	Japan . . . . .	3,200	—	—	—	3,200	3,200	—	3,200	—	3,200
14	Italien . . . . .	3,200	—	—	—	3,200	3,200	—	3,200	—	3,200
15	Mexiko . . . . .	1,600	—	—	—	1,600	1,600	—	1,600	1,600	—
16	Norwegen . . . . .	400	400	400	—	400	400	—	400	—	400
17	Niederland . . . . .	800	—	—	—	800	800	—	800	800	—
18	Portugal . . . . .	800	800	800	—	800	800	—	800	—	800
19	Rumänien . . . . .	800	—	—	—	800	—	800	800	—	800
20	Russland . . . . .	3,200	—	—	—	3,200	3,200	—	3,200	3,200	—
21	Schweiz . . . . .	400	400	400	—	400	400	—	400	—	400
22	Serbien . . . . .	400	400	400	—	400	—	400	400	—	400
		36,800	16,000	15,600	400	36 800	33,600	3,200	36,800	8,800	28,000

## Rapport financier pour la période du 1<sup>er</sup> avril 1909 jusqu'au 31 mars 1910.

En conséquence de la commission dont l'a chargé M. le vice-président de la Commission permanente, le soussigné a examiné les comptes de l'année budgétaire avril 1909—mars 1910, présentés à la Commission permanente par M. le Directeur du Bureau Central et il s'est assuré que toutes les dépenses sont rigoureusement justifiées par des pièces d'appui.

Les comptes comme tels ne donnent lieu qu'à une seule remarque, d'un ordre de pure forme et de peu d'importance, concernant la manière dont les dépenses extraordinaires sont justifiées (voir sous 4). La situation financière à la fin de l'année budgétaire est résumée dans le tableau adjoint, dans lequel les dépenses des deux semestres sont réunies et comparées comme valeurs normales, aux articles de compte, proposés et approuvés dans le budget pour la période biennale 1909—1911, dans la session de Zermatt (voir C. R. p. 60 et 61). Il paraît de ce résumé :

1° Que les dépenses du secrétariat général ont été au dessous de leur valeur normale d'un montant de M 2,000, ce qui est dû au fait que, pendant l'année budgétaire, les C. R. n'ont pas paru; donc ce solde de compte ne saurait être regardé comme réel parce que, sans aucun doute, dans l'année prochaine un montant de M 4,000 sera nécessaire pour les frais de la publication des C. R. de la session de Zermatt.

2° De la somme mise à la compétence du Comité permanent seulement une partie insignifiante a été dépensée; le reste, M 892.62, ne peut pas non plus être considéré comme un profit, le crédit accordé portant un caractère plutôt potentiel.

3° Les dépenses du Bureau Central ont été M 5,387.42 — M 3,464.08 = M 1,923.34 au dessus de celles prévues par le budget et, puisque l'indemnité accordée au directeur du Bureau Central n'a été touchée que pour le second semestre, ce solde défavorable est en vérité trop petit et devrait — les dépenses pendant la deuxième année restant égales — être augmenté de M 2,000.

Ce sont principalement les articles 7 (Publications) et 8 (Frais de Bureau) qui ont été excédés.

Comme selon le budget, c.-à-d. sous des circonstances normales, on n'a pu ménager qu'une réserve annuelle de M 2,360, une somme qui, sans aucun doute, est déjà trop modeste, il est à prévoir que, s'il paraît impossible d'économiser sur les deux articles nommés de sus, la situation financière deviendra de plus en plus moins favorable, parce que même la réserve proposée ne sera pas réalisée.

4° Dans les comptes, les dépenses extraordinaires ont été justifiées, pour la plupart, par des crédits accordés dans les années 1906 et 1908; donc le montant de la somme qui reste disponible n'est pas M 5,997.32, comme l'indiquerait l'aperçu ci-joint (p. 45) mais :

reste de 1906	M 1,183.37	} M 1,602.30
» " 1908	» 418.93	
» " 1909—1911	» 5,997.32	
	<u>M 7,599.62</u>	

Or, le solde M 1,602.30 des années antérieures étant compris dans le solde actif de M 13,211.61, constaté à la fin de 1908, il me semble peu logique et en tout cas peu pratique de regarder ce restant une fois comme solde actif et une deuxième fois comme solde fictif.

Aussi le crédit de M 8,000 fut accordé pour en éteindre des créances actives, comme celles imposées par la publication des séismogrammes de Valparaiso et, ipso facto, implique l'annulation des crédits accordés antérieurement.

Il me semble pratique, que les restes non dépensés soient versés dans le fonds principal après chaque période de deux années et que, en accordant des crédits nouveaux, on tienne compte des créances existantes et estimées à leur valeur.

Du reste je l'estime désirable que le budget extraordinaire, qui donne lieu à des complications innécessaires, disparaisse des comptes, ce qui serait bien exécutable en élargissant les limites du budget ordinaire et en bien évaluant les dépenses pour une période prochaine.

5° Plusieurs États n'ayant pas encore versé leur cotisation à la fin de l'année comptable, les recettes (M 26,000) sont restées bien au dessous de la valeur normale de M 36,800 et, quoique la Russie ait versé sa cotisation pour 1910, le solde actif, comme résultat des comptes, ne monte qu'à M 5,682.96 contre M 13,211.61 en septembre 1909.

Ce résultat est bien au dessous de la réalité parce qu'il n'y a pas de raison pour croire que les cotisations arriérées, M 10,800, n'entreront pas en temps utile de sorte que, grâce au fait qu'il n'y a pas eu des dépenses pour la publication des C. R., et que l'indemnité du Directeur du B. C. n'a été touché qu'à demie, le solde actif peut être regardé comme pratiquement le même qu'auparavant.

6° Cette discussion des résultats mène à la conclusion qu'il est désirable qu'un effort sérieux soit fait pour amoindrir les dépenses. Si l'Association veut atteindre son but, il est nécessaire de former un fonds assez considérable qui permette d'établir et d'entretenir des stations nouvelles et temporaires et il me semble qu'il n'y a que les articles 7 et 8 sur lesquels on puisse économiser en bornant les publications à de tels ouvrages que seule une association peut exécuter, notamment des catalogues et, de temps en temps d'une oeuvre comme l'album des séismogrammes de Valparaiso. Des recherches qui portent un caractère plus particulier, et qui peuvent être exécutées aussi bien par d'autres savants que ceux qui sont associés au B. C. et des publications pour lesquelles on trouvera aisément un placement dans les périodiques et les publications des Académies, ne seraient justifiées que si l'état des finances était bien plus brillant qu'il ne l'est actuellement.

De Bilt, le 16 septembre 1910.

J. P. VAN DER STOK.

### État des recettes et dépenses pendant l'année financière avril 1909—mars 1910.

#### I. Budget ordinaire:

##### a) Secrétaire général.

			Projet de Budget	
			dessus	dessous
1. Traitement . . . . .	M 4,000.—	M	—	M —
2. Expéditionnaire . . . . .	„ 2,000.—	„	—	„ —
3. Impression des C. R. . . . .	„ —	„	—	„ 2,000.—
	<u>M 6,000.—</u>			

##### b) Comité de la Commission permanente.

1. Compétence du Comité . . . . .	M 107.38	M	—	M 892.62
	<u>M 107.38</u>			

c) Bureau Central.

			Projet dessus	du Budget dessous
1. Indemnité du Directeur . . . . .	M	2,000.—	M —	M 2,000.—
2. Collaborateur scientifique . . . . .	"	3,350.—	" —	" 650.—
3. Assistant scientifique . . . . .	"	1,282.26	" —	" 517.74
4. Aide scientifique . . . . .	"	1,354.68	" 154.68	" —
5. Mécanicien . . . . .	"	2,495.58	" 495.58	" —
6. Expéditionnaire . . . . .	"	1,909.36	" —	" 90.64
7. Publications . . . . .	"	10,606.14	" 3,606.14	" —
8. Frais de Bureau . . . . .	"	1,572.07	" 972.07	" —
9. Bibliothèque . . . . .	"	558.95	" 158.95	" —
10. Entretien . . . . .	"	240.—	" —	" —
11. Loyer . . . . .	"	1,200.—	" —	" —
12. Matériaux . . . . .	"	194.30	" —	" 205.70
13. Caissier . . . . .	"	600.—	" —	" —
		<u>M 27,363.34</u>	<u>M 5,387.42</u>	<u>M 3,464.08</u>

Recettes.

1. Cotisations . . . . .	M	26,000.—	M —	M 10,800.—
2. Russie (1910) . . . . .	"	3,200.—	" —	" —
3. Diverses . . . . .	"	744.75	" 744.75	" —
		<u>M 29,944.75</u>	<u>M 744.75</u>	<u>M 10,800.—</u>

II. Budget extraordinaire.

1. Recherches, construction d'instruments etc. . . . .	M	1,183.21	M —	M —
2. Publication: Album Valparaiso . . . . .	"	1,903.55	" —	" —
3. Examen des instruments du concours . . . . .	"	74.25	" —	" —
		<u>M 3,161.01</u>	<u>M —</u>	<u>M 4,838.99</u>
4. Recherches microséismiques . . . . .	"	175.—	" —	" 825.—
5. Mécanicien du concours . . . . .	"	666.67	" —	" 333.33
		<u>M 4,002.68</u>	<u>M —</u>	<u>M 5,997.32</u>

Résumé.

	Dépenses		Recettes
	M 6,000.—		M 29,944.75
	" 107.38	Solde actif exerc. 1908/9	" 13,211.61
	" 27,363.34	Pour mém. cot. arr.	" 10,800.—
	" 4,002.68		<u>M 53,956.36</u>
Pour mém. C. R.	" 2,000.—		
	<u>M 39,473.40</u>		
	" 14,482.96	Solde actif probable exerc. 1909/10.	
	<u>M 53,956.36</u>		

## Rapport financier pour la période du 1<sup>er</sup> avril 1910 jusqu'au 31 mars 1911.

En s'acquittant de la charge que lui a donnée M. le Président, le soussigné a examiné les comptes de M. le Directeur du Bureau Central pour l'exercice de l'année 1910 (1910/11) et il a trouvé les recettes et les dépenses en règle et justifiées par les pièces d'appui.

Conformément au voeu, émis par la Commission des finances (C.-R. Zermatt p. 60) les dates du paiement des cotisations des États associés sont notifiées dans les comptes des recettes et une épargne notable a été obtenue sur l'article c. 7 (Publications et frais d'expédition). Seuls les articles a. 3 (Impression des C.-R.) et b. 8 (Frais de Bureau) ont été excédés; le premier de M 899.08, le second de M 603.84.

La commission des finances, éclairée par l'avis de MM. le Secrétaire Général et le Directeur du Bureau Central, aura à considérer s'il y a lieu d'augmenter ces articles dans le budget pour la période biennale prochaine.

D'ailleurs il me semble qu'une simplification des comptes pourrait être obtenue en portant les dépenses extraordinaires, pas-périodiques ou imprévues sous la compétence du Comité de la Commission permanente et en votant une somme ronde pour les dépenses imprévues au lieu de perpétuer des restes d'exercices précédents (voir b. 1 et 2).

Les résultats de l'exercice de 1910/11 sont résumés dans la table adjointe.

De Bilt, le 5 juillet 1911.

VAN DER STOK.

### État des recettes et dépenses pendant l'année financière avril 1910 — mars 1911.

#### Actifs et recettes.

Actif total disponible le 31 mars 1910 . . . . .		M. 5,682.96
Rentrée des contributions arriérées des exercices précédents . . . . .	M. 6,800.—	
Contributions réglementaires pour 1910 . . . . .	„ 25,600.—	
Contribution anticipée pour 1911 . . . . .	„ 3,200.—	
Intérêts . . . . .	„ 395.94	M. 35,995.94
Actif disponible pour l'exercice de 1910 . . . . .		M. 41,678.90

#### Dépenses.

		Disponible
a) <i>Secrétaire général.</i>		
1. Traitement . . . . .	M. 4,000.—	M. 4,000.—
2. Expéditionnaire . . . . .	„ 2,000.—	„ 2,000.—
3. Impression des Comptes-rendus . . . . .	„ 2,899.08	„ 2,000.—
Report . . . . .		M. 8,000.—

Transport . . . . . M. 8,000.—

b) *Comité de la Commission permanente.*

		Disponible
1. Recherches microsismiques . . . . .	M. 1,050.—	M. 825.— <sup>1</sup>
2. Expéditions et dépenses imprévues . . . . .	„ 712.—	„ 3,211.— <sup>1</sup>

c) *Bureau Central.*

1. Traitement du Directeur . . . . .	M. 4,000.—	M. 4,000.—
2. Collaborateur scientifique . . . . .	„ 4,000.—	„ 4,000.—
3. Assistant scientifique . . . . .	„ 1,800.—	„ 1,800.—
4. Aide scientifique . . . . .	„ 1,209.36	„ 1,200.—
5. Mécanicien . . . . .	„ 2,030.23	„ 2,000.—
6. Expéditionnaire . . . . .	„ 2,009.36	„ 2,000.—
7. Publications et frais d'expédition . . . . .	„ 5,783.30	„ 7,000.—
8. Frais de Bureau . . . . .	„ 1,203.84	„ 600.—
9. Bibliothèque . . . . .	„ 331.22	„ 400.—
10. Entretien . . . . .	„ 240.—	„ 240.—
11. Loyer . . . . .	„ 1,200.—	„ 1,200.—
12. Matériaux etc. . . . .	„ 448.05	„ 400.—
13. Caissier . . . . .	„ 600.—	„ 600.—
	<u>M. 35,516.44</u>	<u>M. 37,476.61</u>

M. 41,678.90

„ 35,516.44

Actif disponible pour l'exercice  
de 1911 . . . . . M. 6,162.46

*Pour mémoire.*

Cotisations arriérées (31 mars) . . . . . M. 12,000.—  
dont payées (1 juin) . . . . . „ 8,000.—

<sup>1</sup> Reste des exercices précédents.

Annexe III.

**Projet de budget de l'Association internationale de sismologie pour les années budgétaires 1911—1912 et 1912—1913.**

*Dépenses ordinaires :*

A) Secrétaire général		
1. Traitement du Secrétaire général . . . . .	4,000	M
2. Expéditionnaire . . . . .	2,000	„
3. Impression des C. R. . . . .	2,000	„
B) Bureau de la Commission permanente		
1. Compétence de Bureau de la Commission permanente .	1,000	„
C) Bureau central		
1. Indemnité du Directeur . . . . .	4,000	„
2. Collaborateur scientifique . . . . .	4,000	„
3. Assistant scientifique . . . . .	2,200	„
4. Aide scientifique . . . . .	1,200	„
5. Mécanicien . . . . .	1,400	„
6. Expéditionnaire . . . . .	2,000	„
7. Publications . . . . .	6,700	„
8. Frais de Bureau . . . . .	1,000	„
9. Bibliothèque . . . . .	400	„
10. Entretien . . . . .	240	„
11. Loyer . . . . .	1,200	„
12. Matériaux pour l'exécution de travaux pratiques dans l'atelier de l'Observatoire . . . . .	400	„
13. Appointements du caissier comptable . . . . .	600	„
Total . . . . .	34,340	M

**Exposé des raisons de changement dans le projet de budget.**

Le projet de budget ci-joint, pour la période biennale de 1911 à 1913, diffère du budget de l'année 1910 à 1911 dans les articles suivants :

No. 3. Pour éviter un changement quant à l'assistant scientifique, chargé de faire le catalogue macrosismique, nous avons proposé dans le budget la somme de 2,200 M, au lieu de celle de 1,800 M, donc 400 M en plus de ce qu'il recevait jusqu'à ce jour, ce qui n'est pas trop payer pour son travail.



No. 5. Les appointements du mécanicien sont diminués de 600 M. Ces 600 M, ainsi qu'une augmentation éventuelle, seront fournis par la Station centrale impériale.

No. 7. Les frais de publication sont fixés à 6,700 M. Comme nous avons l'intention de faire paraître dans les „Beiträge zur Geophysik“ des études spéciales moins étendues, et de les mettre de temps en temps, sous forme d'extraits, à la disposition des délégués, de la part de la Kaiserliche Hauptstation, une petite diminution de cet article est possible.

No. 8. Les frais de bureau sont fixés à 1000 M, c.-à-d. 400 M en plus de la somme des budgets précédents. Les frais de bureau, qui se sont élevés à 600 M pour frais de port et de chauffage seuls, ont tellement augmenté dans ces dernières années qu'une augmentation est absolument nécessaire.

Strasbourg, le 30 juin 1911.

Le Directeur du Bureau central :

O. HECKER.

## Rapport du Secrétaire général.

Messieurs, Etre en Angleterre, à peine accompli le centenaire de MALLET, à une distance égale entre Dublin, sa ville natale, et Londres qui, il y a trente ans, le vit s'éteindre, et arriver justes en temps pour fêter le cinquantenaire du premier traité vraiment classique de la sismologie : voilà une superbe tentation presque irrésistible pour faire l'histoire de la nouvelle science.

Vous trouverez dans ce chef-d'oeuvre le passage prophétique : „Seismology is chiefly to be viewed and valued as the instrument by which a knowledge of the deep interior of our planet will be attained“, qui démontre une rare pénétration de l'avenir et qui, par la grandeur même de la conception, aurait su suggérer la collaboration internationale des savants.

Une autre science vient de trouver les moyens de faire autant, bien que ses appareils ne pénétrèrent aussi profondément que nos rayons sismiques. Donc je lis mieux encore de cette pensée de MALLET, l'invitation à ce qu'on a tant de fois prêché ici, de nous rallier pour certains efforts à l'Association géodésique internationale, et vous verrez, au cours de mon rapport, que ce lien si désirable est dès maintenant noué.

En outre vous trouverez chez MALLET pleinement la matière d'une conférence donnant toute la saveur de la nouveauté, mais je dois me borner aux faits les plus saillants de notre histoire biennale et ne point refaire l'oeuvre magistrale de nos historiens.

Cependant, ajoutons encore, qu'à 160 milles d'ici, à Londres, fut éveillée, pour la première fois, il y a 16 ans, l'idée de notre Association internationale. Pour séduisante qu'elle eût été, sans M. MILNE qui, à lui seul, tissait tout un réseau de stations sismologiques autour de l'entier du globe, elle risquait de ne prendre jamais corps. Donc ce n'est pas seulement la courtoisie des hôtes si bien accueillis dans le pays du maître, pays qu'on peut de bon droit doublement qualifier de berceau de notre Association, que nous nous inclinons devant sa haute autorité.

Mais vous remarquerez non sans tristesse, même après son absence à Zermatt, que le plus fervent apôtre de la grande idée de M. REBBEUR-PASCHWITZ, notre vénéré M. GERLAND, ancien directeur de la Station central de Strasbourg et du Bureau central, s'est retiré. Inutile de vouloir exposer devant vous ses multiples mérites : cela paraîtrait même comme des adieux, tandis que nous ne devons que respecter le repos dont il croit avoir besoin. Tout admirant la jeunesse de son esprit, nous espérons souvent encore recourir à ses lumières qu'il ne marchandera pas à sa fille chérie, l'Association sismologique.

Une circulaire de votre Secrétaire vous aura également appris que c'est M. HECKER qui, depuis le 16 juillet 1910, remplace M. GERLAND et qui est devenu, par ce même chef, Directeur du Bureau central. Vous prendrez bonne note d'un récent rescript du sous-secrétaire d'État à l'Office impérial de l'Intérieur que son poste comme directeur de la Station impériale de Strasbourg est désormais stabilisé.

Je crois pouvoir féliciter, au nom de tous, au premier anniversaire de l'avènement de notre nouveau directeur, le gouvernement allemand de son choix. Qu'il suffise d'évoquer que ce sont les

recherches scientifiques de M. HECKER qui initiaient la collaboration avec l'Association géodésique internationale. Nous acceptons l'augure.

Mais ce n'est pas le seul changement survenu dans la composition de la Commission permanente que j'aie à vous signaler. Une communication de la Commission sismologique russe du 18 mars dernier désirant décharger M. LEWITZKY, encombré des ses nouveaux devoirs de curateur scolaire, désigne le PRINCE GALITZINE comme délégué, de la part de la Russie, à la Commission permanente. En prenant acte de cette décision nous espérons que cela ne signifiera point l'abstention de notre éminent collègue qui, dès le commencement, a rendu les plus grands services scientifiques et administratifs à l'Association, et qui nous a puissamment aidé pour que cette Association, au lieu d'être une société privée, a pu devenir une corporation internationale.

Celui qui est appelé à le remplacer, n'est pas une connaissance d'hier, et il va justement entrer dans notre compagnie après le fait que j'estime le plus important de notre histoire biennale, l'invention du pendule à composante verticale. Après ce qui a été dit à La Haye, on peut désormais affirmer que tous les vœux des théoriciens sont exaucés, car le relèvement direct de l'angle d'émergence rompt la dernière barrière qui s'obstinait au développement de la théorie. En même temps c'est fort réconfortant de voir ce que peut devenir un instrument connu depuis le début des recherches sismologiques. La Commission du catalogue microsismique aura, sous peu, à compter avec les faits nouveaux.

Enfin vous accueillerez avec plaisir la communication que M. TRABERT est définitivement nommé délégué de l'Autriche, et que le gouvernement des Pays-Bas a supprimé, dans sa déclaration d'adhésion, la restriction „pour ses colonies d'outre-mer“.

Partout l'oeuvre sismologique s'étend et, sur l'initiative de l'American Philosophical Society, les États-Unis devraient être pourvus prochainement d'un Bureau sismologique national. M. REID, dans son rapport de délégué nous dira surtout plus amplement si mes informations sont justes.

Notre confrère M. MONTESSUS DE BALLORE vient d'être chargé par le gouvernement du Chili d'installer, dans l'île de Pâques, un observatoire particulièrement outillé pour l'étude du volcanisme et des tremblements de terre. Une chaîne complète entre les stations chiliennes, la station allemande des Samoa et celles de l'Australie traverseraient le Pacifique austral, si la France, où le goût de l'initiative privée, mais encouragée par l'Institut de France, s'étend, se décidait à établir un service analogue dans l'archipel de Taïti.

Je pourrais peut-être ajouter que le dossier complet de l'histoire et de l'organisation de notre Association a été déposé récemment à la Section des Associations internationales du Ministère belge des sciences et des arts, et que nous avons su donner quelques renseignements de valeur à M. le PROFESSEUR OPPENHEIM de Cambridge pour son „Manual of International Law“. A signaler encore, dans la littérature sismologique, dont je ne tâcherai pas même donner le plus modeste sommaire, la „Liste des observatoires magnétiques et des observatoires sismologiques“ par MM. E. MERLIN et O. SOMVILLE, dont vous tirerez le plus grand avantage.

Les Comptes-rendus de la séance de Zermatt ont paru, dans un tirage de 550 exemplaires, d'assez bonne heure, dans le cours d'avril 1910. Malgré le renchérissement de l'impression et de la reliure, le prix coutant d'un exemplaire, y compris le tirage à part des mémoires, l'expédition des exemplaires gratuits et la mappe-monde annexée, ne s'élève qu'aux 5 Marks 27. Je tiens à remercier tous les délégués qui, par leurs corrections et additions ont bien voulu en augmenter la valeur et l'authenticité.

Conformément au Règlement et aux vœux de la Commission financière, le budget intérimaire a été voté dans le délai légal, et les comptes du Bureau central des deux exercices revolus ont été assujettis à une première révision par M. VAN DER STOK. La Commission financière nommée lui saura gré d'avoir si puissamment facilité son travail.

On a généralement trouvé qu'on a trop prodiguement interprété les statuts en invitant, à la première Assemblée de la Haye, tous les sismologues du monde. Aussi le nombre des assistants a-t-il été en disproportion voyante avec le nombre des invités. Nous nous sommes bornés, cette fois, à inviter, outre la Commission permanente, 80 personnes. Les noms en ont été proposés, con-

formément à notre demande exprimée dans la lettre provisoire de convocation, en partie par MM. les délégués, en partie pour les États non encore associés, par M. le Directeur du Bureau central.

Les lettres de convocation vous ont été adressées de bonne heure, ainsi que quelques rapports ayant trait à plusieurs articles de l'ordre du jour, ce qui accourcira peut-être nos délibérations.

Enfin j'ai le plaisir de vous annoncer un grand succès moral de notre jeune Association, peut-être la plus belle félicitation que nous pouvions espérer au bout du premier lustre. Dans sa Conférence à Cambridge, 1909 septembre, l'Association géodésique internationale a résolu, de nous inviter à une coopération pour les recherches des marées de la croûte terrestre. Cette invitation nous rend hommage en même temps qu'elle avance très efficacement nos propres intérêts scientifiques les plus vitaux.<sup>1</sup>

Arrivé au bout de mon récit, il ne me reste que de remercier MM. mes collègues, je devrais dire mes collaborateurs. Leur grande amabilité m'a toujours rendu facile la fonction de Secrétaire.

R. DE KÖVESLIGETHY.

<sup>1</sup> Extrait des Procès-verbaux des séances de la XVI<sup>e</sup> Conférence générale de l'Association Géodésique Internationale tenue à Londres et à Cambridge, du 21 au 29 septembre 1909, p. 61.

M. le Président donne la parole à M. Darwin, qui présente la proposition suivante de la Commission chargée d'étudier la question de la rigidité de la terre.

L'Association géodésique internationale, sur la proposition unanime de la Commission spéciale de la rigidité de la terre,

convaincue de la grande utilité qu'il y aurait à répéter, dans des conditions variées, les intéressantes observations faites à Potsdam sur les mouvements de la verticale dus à l'attraction luni-solaire,

émet le vœu :

1° qu'à titre de contrôle et de comparaison, des mesures analogues soient exécutées, avec des instruments divers, dans d'autres pays et notamment au fond des mines profondes de Příbram, en Bohême;

2° que l'Association sismologique internationale veuille bien, dans la mesure de ses moyens, coopérer à ces expériences.

En outre elle décide de réserver sur son budget, pour ces observations, un crédit d'environ 2000 marks par an, pendant 3 ans.

Cette proposition est adoptée.

Le directeur du Bureau central  
de l'Association internationale de sismologie

Strasbourg, le 13 mars 1911.

## Rapport sur les travaux du Bureau central de l'Association internationale de sismologie 1909—1911.

### I.

#### Travaux ordinaires.

1. Catalogue macrosismique de l'année 1906, divisé en deux parties, dont la première contient, par ordre régional, les tremblements de terre qui ont été ressentis, une liste des grands tremblements de terre de l'année, une étude spéciale de ces tremblements de terre et une mappemonde sismologique.

La deuxième partie se compose du catalogue général, qui contient aussi les données instrumentales chronologiquement disposées.

Le catalogue macrosismique de l'année 1907 ne pourra pas encore être terminé, parce que les matériaux nécessaires n'ont pas encore tous été publiés.

2. Catalogue microsismique de l'année 1906 en deux parties, dont la première donne les perturbations de moindre importance, et la deuxième, les tremblements de terre plus importants, et une carte sismique pour les épicentres. La deuxième partie du catalogue microsismique de l'année 1907 est déjà terminée.

### II.

#### Travaux spéciaux.

1. Analyse et publication mensuelle des enregistrements de la station internationale de Reykjavik.

2. Nouvelle liste des coordonnées des stations sismologiques et tableaux auxiliaires pour le calcul de la distance épicentrale.

3. Construction d'une carte azimutale équidistante, ayant Strasbourg comme point central.

4. Comparaison des épicentres des mêmes tremblements de terre, résultant des données macrosismiques et des données microsismiques (tout récemment commencé).

5. Addition de certaines parties complémentaires à la plate-forme pour le contrôle des appareils sismologiques. Vérification des appareils qui nous ont été envoyés et contrôle du mécanisme enregistreur.

#### Continuation des travaux commencés.

6. Étude monographique du tremblement de terre de Colombie du 31 janvier 1906.

## Rapport spécial du Docteur Szirtes, Collaborateur scientifique du Bureau central.

J'ai fait paraître la première et la deuxième partie du catalogue microsismique de l'année 1906, dont la composition m'avait été confiée. Sa disposition est absolument semblable à celle des catalogues des années précédentes. La première partie renferme les tremblements de terre les moins importants, ceux dont l'épicentre n'a pu être calculé et ceux qui n'ont été enregistrés qu'à un petit nombre de stations. Cette première partie se borne à donner l'analyse du temps de la perturbation, tel qu'il se trouve dans les sources dont nous disposons. La deuxième est faite chronologiquement et contient une étude des grands tremblements de terre. Les indications du temps quant au commencement des phases forment la partie essentielle des tableaux. On n'a tenu compte que de trois phases, de la première et de la deuxième phase préliminaires, et du mouvement principal. Le moment plus ou moins nettement tracé du commencement d'une phase est indiqué par les signes généralement employés. Pour chaque perturbation, on s'est surtout attaché à indiquer exactement l'apparition des ondes longitudinales et, si possible, aussi celle des ondes transversales, et de fournir ainsi un matériel pouvant servir à des travaux futurs. A la deuxième partie du catalogue a été jointe une carte de la répartition des épicentres.

La deuxième partie du catalogue microsismique de l'année 1907 renfermant les grands tremblements de terre est terminée. Ce catalogue diffère de ceux des années précédentes, en ce que la disposition chronologique a été remplacée par trois divisions, dans lesquelles les grands tremblements de terre et les tremblements de terre à centre rapproché sont indiqués séparément, et auxquelles on a ajouté une classification régionale. La carte se rapportant à ce catalogue donnera encore la répartition géographique des épicentres; des signes spéciaux y indiqueront les grands tremblements de terre et ceux à centre rapproché.

Le catalogue microsismique de l'année 1908 ne pourra malheureusement pas être fait encore, les données de la plupart des stations ne nous étant pas encore parvenues.

J'ai fait, en collaboration avec le PROFESSEUR DR. RUDOLPH, un travail monographique sur le tremblement de terre de Colombie du 31 janvier 1906. La première partie renferme une étude critique des observations macrosismiques et une carte isoséiste faite d'après des données sûres. On y étudie la répartition de l'intensité dans la région ébranlée. La deuxième partie traite de l'étendue microsismique du tremblement de terre, détermine la position de l'épicentre et le moment où le choc s'est produit. Ce travail se termine par une étude détaillée de l'hodographe et du calcul de la vitesse de propagation des ondes sismiques. Quelques cartes et quelques diagrammes y sont joints.

J'ai en outre fait quelques études moins étendues sur l'agrandissement des sismographes („Über die Vergrößerung der Seismographen“ Vol. X des „Beiträge zur Geophysik“) et sur les oscillations pulsatoires de l'écorce terrestre („Über die pulsatorischen Oscillationen der Erdrinde“, Naturwissenschaftliche Wochenschrift 1910.).

La liste des coordonnées sismologiques et les tableaux auxiliaires pour le calcul de la distance épicentrale et de l'azimut ont été refaits.

Pour finir, j'ai fait la construction d'une carte azimutale équidistante ayant Strasbourg comme point central.

## Rapport du Docteur Scheu, Assistant scientifique du Bureau central.

Au mois de décembre 1909, j'ai commencé à travailler au catalogue macrosismique de l'année 1906, dont la forme et la disposition diffèrent de celles des catalogues des années précédentes. A ce nouveau catalogue, composé de deux parties, le catalogue régional et le catalogue général, fait avec l'aide de M<sup>lle</sup> PIETZSCH, assistante du Bureau central, sont ajoutées des monographies sur quelques tremblements de terre, et quelques cartes isoséistes. Le but principal de ces monographies est de rechercher l'influence que la tectonique et la constitution des roches peuvent exercer sur la propagation des tremblements de terre. J'ai trouvé que, dans certains cas, leur propagation se produit

facilement le long des failles d'une certaine étendue, sans que ces failles subissent elles-mêmes la moindre altération en conséquence du tremblement de terre. Lorsque les ondes sismiques arrivent perpendiculairement sur une faille profonde, celle-ci forme un écran pour la région avoisinante, de sorte que, si l'intensité n'est pas tout à fait anéantie, elle est néanmoins fortement diminuée. J'ai pu démontrer, en outre, que des phénomènes qui semblaient indiquer des tremblements de terre jumeaux, ne pouvaient s'expliquer que par la différence de la constitution des roches. Cependant de réels tremblements de terre jumeaux se produisirent en 1906 au Japon, sur la côte escarpée du Pacifique; il y a, sur cette côte, deux endroits souvent en activité au même moment. Suivant le désir de M. le PROFESSEUR HECKER, je continuerai cette étude, en me servant des données que j'aurai réunies sur les tremblements de terre, et en faisant des recherches sur les rapports qui existent entre la pesanteur, la tectonique et les tremblements de terre.

On a considéré tout spécialement les alluvions (Aufschüttungen) qui exercent une influence sur les tremblements de terre, la diminuant ou l'augmentant, selon leur importance; il faut, en outre, tenir compte de l'influence du degré d'humidité de ces terrains. C'est pourquoi on ne peut pas encore établir une règle générale à ce sujet; on ne peut qu'apprécier chaque cas particulier.

Me basant sur les perturbations sismiques que j'ai étudiées, j'ai fait des recherches sur l'origine des bassins (Beckenlandschaften), qui ouvrent de nouvelles conceptions sur l'orogénie. Ce travail paraîtra prochainement dans la „Zeitschrift für Erdkunde, Berlin“.

Grâce à une subvention de la fondation F. DE RICHTHOFEN, j'ai fait l'été dernier un voyage en Corse, afin d'y étudier des mouvements récents de l'écorce terrestre le long de la côte. J'y ai constaté des flexures (Verbiegungen) de 900 mètres, ce qui me fait croire que le violent tremblement de terre qui a ébranlé Ajaccio vers la fin du dix-neuvième siècle a pu être provoqué par le déchirement anormal des couches résultant de la formation de ces flexures (Abbiegungen). Cette conclusion s'accorde, du reste, avec les études que j'ai faites dans le nord-ouest de l'Espagne en 1909. Un tremblement de ce genre a eu lieu en novembre 1910 près de Santiago de Compostelle, dans une région à forte flexure (Verbiegung), tremblement de terre qui s'est propagé dans des directions linéaires et dont l'intensité a été à peu près toujours égale.

Nous ne pouvons pas encore terminer le catalogue de l'année 1907, les données nécessaires à sa composition ne nous étant pas toutes parvenues. Selon le désir de M. le PROFESSEUR HECKER, j'ai commencé une étude de comparaison pour la détermination des épïcêtres, d'après les méthodes *macrosismiques* et les méthodes *microsismiques*, afin d'arriver à avoir, sur ces deux méthodes, des données basées sur des chiffres.

Les membres de la Station centrale impériale ont participé aux travaux du Bureau central comme suit:

Le PROFESSEUR RUDOLPH a fait, en collaboration avec le DOCTEUR SZIRTES, une monographie détaillée sur le tremblement de terre de Colombie du 31 janvier 1906, comme cela est indiqué dans le rapport de ce dernier. Ce travail est presque terminé et sur le point de paraître.

Il a, en outre, achevé la carte sismotectonique mondiale, laquelle sera publiée comme carte coloriée. Cette carte a été jointe aux catalogues sismologiques de l'Association internationale de sismologie, à cause de la répartition des épïcêtres que l'on y a indiqués.

Il a fait aussi une carte, importante sous le rapport de l'activité sismique de l'écorce terrestre relativement aux tremblements de terre sous-marins, qui sera accompagnée d'un texte explicatif.

Le DOCTEUR MAINKA s'est chargé d'analyser les sismogrammes de la station internationale de Reykjavik, dont les résultats sont publiés tous les mois. Ces travaux sont d'un intérêt spécial en ce qui concerne les mouvements microsismiques. On constate parfois une augmentation ou une diminution subite dans ces mouvements comme on n'en avait jamais observé nulle part jusqu'ici.

La vérification des appareils sismologiques, envoyés à Strasbourg pour y être contrôlés à l'aide de la plate-forme de l'Association, a aussi été faite par le DOCTEUR MAINKA, lequel y a consacré une grande partie de son temps, durant l'hiver de l'année 1910 à 1911 surtout. La plate-forme a été

complétée par un mécanisme qui la dirige sur une ligne pour ainsi dire absolument droite; elle est mise en mouvement par un électromoteur. On a constaté que pour les instruments vérifiés jusqu'ici, les différences de l'accélération déduite de la pratique s'écarte peu de celles établies théoriquement par le mouvement des plaques.

M. SIEBERG a réuni sous forme de bulletins mensuels les communications macrosismiques faites à la Station centrale impériale par les consuls allemands, les Observatoires et des correspondants de bonne volonté; ils forment un ensemble de documents précieux pour la composition à venir des catalogues macrosismiques.

### Divers.

Le grand sismomètre vertical de Wiechert, appartenant à l'Association internationale de sismologie, et envoyé par celle-ci à Disco, au Groenland, n'a pas pu y être installé. Il nous a été renvoyé, et se trouve momentanément à l'Observatoire de Strasbourg. C'est le Docteur MAINKA qui, avec l'aide du mécanicien, l'y a installé. Certaines parties endommagées ont d'abord été remises en état.

L'appareil de la station internationale de Ksara-Beyrouth ne fonctionna pas pendant longtemps, à cause d'un dérangement dans le mécanisme enregistreur et de la rupture de quelques lamelles à ressort. C'est pourquoi cette station ne nous a pas envoyé d'observations. Mais les dégâts semblent réparés, de sorte que nous avons tout lieu de croire que bientôt ce pendule fonctionnera avec régularité.

De nombreux exemplaires du Questionnaire sur les brontides ont été expédiés dans le courant de l'année 1909; nous n'avons reçu que quatre réponses.

Un certain nombre de savants étrangers ont visité le Bureau central durant le laps de temps qui s'est écoulé depuis la dernière conférence, soit pour se renseigner touchant la construction des instruments sismologiques, soit pour chercher des directions pour l'analyse des sismogrammes.

Le Directeur a lui-même fait paraître deux ouvrages (voir ci-après). Il a fait, en outre, avec le concours du mathématicien M. MEISSNER, de l'Institut géodésique royal de Prusse, le relevé des enregistrements du pendule horizontal de la station sismologique que cet institut possède à Freiberg en Saxe, et dont le Professeur HELMERT, Directeur de l'Institut géodésique de Potsdam, continue présentement à lui confier la direction. Il a fait aussi, de concert avec le Professeur KÖHLER de l'École des Mines impériale et royale de Přeborn, un travail du même genre sur les enregistrements de la station à pendule horizontal des mines de Přeborn, station dont l'installation vient d'être terminée, et qui relève de l'Association géodésique internationale.

Il a encore pris part en août 1910, en qualité de juré, aux travaux du jury de l'Exposition universelle de Bruxelles.

### Publications.

#### I. Du Bureau central de l'Association :

Catalogue Régional des Tremblements de terre ressentis pendant l'année 1906, avec Annexes par Dr. E. SCHEU.

Catalogue Général des Tremblements de terre observés par l'homme et constatés par des instruments pendant l'année 1906, par Dr. E. SCHEU.

Katalog der im Jahre 1906 registrierten seismischen Störungen, I. und II. Teil, mit einer Karte, von Dr. SIEGMUND SZIRTES.

#### II. Des Membres:

O. HECKER: „Bestimmung der Schwerkraft auf dem Schwarzen Meere und an dessen Küste sowie neue Ausgleichung der Schwerkraftsmessungen auf dem Atlantischen, Indischen und Grossen Ozean.“ Mit 4 Tafeln. Veröffentlichung des Zentralbureaus der Internationalen Erdmessung. Neue Folge Nr. 20. Berlin 1910.



- O. HECKER: „Beobachtungen an Horizontalpendeln über die Deformation des Erdkörpers unter dem Einfluss von Sonne und Mond.“ II. Heft. Unter Mitwirkung und mit Beiträgen von O. Meissner. Mit 10 Tafeln. Veröffentlichung des königl. Preuss. Geodät. Institutes. Neue Folge Nr. 49. Berlin 1911.
- S. SZIRTES: „Über die Vergrößerung der Seismographen.“ Beiträge zur Geophysik, Band X.
- S. SZIRTES: „Über die pulsatorischen Oszillationen der Erdrinde.“ Naturwissenschaftliche Wochenschrift, 1910.
- E. SCHEU: „Vorläufiger Bericht über eine Studienreise nach der Insel Corsica.“ Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin. Heft I. 1911.

La collection des instruments de l'Association ne s'est pas accrue depuis la dernière conférence. Elle est restée telle qu'elle est donnée dans le précédent compte-rendu. Elle comprend :

1. La composante d'un pendule horizontal avec horloge à contact, à Reykjavik.
2. Les deux composantes d'un pendule horizontal, à Beyrouth.
3. Un sismographe vertical, à l'Observatoire de Strasbourg.
4. Une plate-forme à expériences, à l'Observatoire de la station impériale de Strasbourg.

La bibliothèque contient 560 ouvrages.

Le Directeur du Bureau central:

O. HECKER.

**Annexe VI.**

**Programme du Bureau central pour les travaux à exécuter pendant les années suivantes:**

1. Catalogues macrosismiques pour les années 1907 et 1908.
2. Catalogues microsismiques pour les années 1907 et 1908.
3. Analyse des enregistrements de la station internationale de Reykjavik.
4. Construction d'hodographes basés sur les matériaux réunis jusqu'ici.
5. Étude des mouvements microséismiques.
6. Vérification des appareils sismologiques à l'aide de la plate-forme de l'Association.
7. Comparaison systématique de divers systèmes de leviers et de divers modes d'amortissement pour sismomètres.
8. Fondation d'une nouvelle station internationale à l'antiépcentre d'un des grands foyers sismiques.
9. Participation aux travaux d'observation sur la déformation du globe terrestre sous l'influence de la Lune et du Soleil.

Le Directeur du Bureau central:

O. HECKER.

## Rapport de la Commission financière.

La Commission financière a d'abord pris connaissance du rapport financier présenté par M. J. P. VAN DER STOK sur l'exercice de l'année 1910 dont les recettes et les dépenses ont été trouvées en règle et justifiées par les pièces à l'appui.

En tenant ensuite compte des propositions formulées dans ce rapport, votre Commission financière, composée de MM. ANGOT, LEWITZKY, PALAZZO, VAN DER STOK et le soussigné comme président, a établi le projet de budget suivant pour l'année budgétaire 1911/12 dans les limites des cotisations annuelles dont le montant est de 36,800 M.

### a) Secrétaire général.

1. Traitement . . . . .	4,000.—	M
2. Expéditionnaire . . . . .	2,000.—	„
3. Impression des Comptes-Rendus . . . . .	2,000.—	„ 8,000.— M

### b) Comité de la Commission permanente.

1. Pour le catalogue de bibliographie sismo- logique . . . . .	800.—	M
2. Pour recherches et dépenses imprévues . . . . .	3,900.—	„ 4,700.— M

### c) Bureau central.

1. Traitement du Directeur . . . . .	4,000.—	M
2. Collaborateur scientifique . . . . .	4,000.—	„
3. Assistant . . . . .	1,800.—	„
4. Aide . . . . .	1,200.—	„
5. Mécanicien . . . . .	2,000.—	„
6. Expéditionnaire . . . . .	2,000.—	„
7. Assurance des employés . . . . .	48.95	„
8. Publications et frais d'expédition . . . . .	5,000.—	„
9. Frais de Bureau . . . . .	1,200.—	„
10. Bibliothèque . . . . .	400.—	„
11. Entretien . . . . .	240.—	„
12. Loyer . . . . .	1,200.—	„
13. Matériaux, etc. . . . .	400.—	„
14. Caissier . . . . .	600.—	„ 24,088.95 M
Total général du budget . . . . .	36,788.95	M 36,788.95 M

Comme d'autre part il y a en caisse un actif disponible de 14,162.46 M, et encore une somme de 4,000 M, à rentrer des cotisations arriérées, la Commission financière estime qu'on peut parfaitement mettre à la disposition de la Commission spéciale pour l'étude de la déformation de la croûte terrestre la somme de 10,000 M, demandée pour l'organisation des stations proposées dans ce but.

Le président  
ST. HEPTES.

## Proposal to establish four new Stations for the observations of the tides of the solid earth.

The observations on the determination of the deformation of the earth under the influence of the attraction of the sun and the moon, which have been continuously made for six and half years in a room of the well-house of the observatories near Potsdam, at a depth of about 25 m, have led to some very remarkable results, and I should like to draw your attention to one of them.

The observations showed, that at Potsdam the deformation of the body of the earth was greater in the NS. direction, than in the EW. direction. This result was afterwards confirmed by the observations made by Orloff in Dorpat. He also found a difference of the deformation in the two directions, although this difference is smaller than that resulting from my observations.

For further investigations of this kind the Geodetic Institute of Potsdam established in the mine of Freiberg in Saxony a station for horizontalpendulum observations, which was put to work last summer. We began with comparing different types of horizontalpendulums, namely an apparatus supporting the pendulum on a point, according to von Rebeur-Paschwitz' type, and another apparatus with suspension of the pendulums from platinumiridiumwires, according to Zöllner's type. The comparison showed clearly the superiority of Zöllner's suspension on wires. Of course most carefully prepared wires had been made use of for the suspension of the pendulums.

Since December 1910 Zöllner's apparatus alone was registering. By May 1911, that is after a period of 5 months, the displacement of the vertical produced by the attraction of the moon could already be deduced. The ellipse described by the plumbline was more flat than it should be according to the theory, in agreement with the experiments made at the two above mentioned stations. The ellipse however was not so flat, than the one I observed at Potsdam.

It is most remarkable that at a depth of 189 m the movement having the period of a solar day, which is generally attributed to the heating of the earth by the sun, and which consequently is independent of its attraction, does not vanish, as it might be expected, but that at that depth it still has nearly the same amplitude as the semidiurnal tidal-wave produced by the moon. As at a depth of 189 m it is, of course, quite impossible, that any influence of the daily variation of the temperature on the apparatus be noticeable, we have as yet no sufficient explanation about the appearance of this movement in this depth.

But as some further observations will show, this wave produced by the sun appears at still greater depths. The International Geodetic Association has established in the mine of Příbram, in Bohemia, at a depth of 1110 m, a horizontalpendulum station. Although the observations made at this station are unfavourably influenced by a very strong movement of the layers of the ground — this movement will be examined more precisely later on — so that consequently the observations at Příbram will probably have to be given up, the observations still lead to the important conclusion, that the movement produced by the sun have even at that depth about the same amplitude, as the wave produced by the attraction of the sun.

Now Orloff at Dorpat has observed but a small movement of this kind, and therefore we have to assume that the ground on which the station is situated, has also a great influence. But,

for the present, the most interesting question is to find out the cause of the difference of the deformation of the earth in the two directions NS. and EW.

It is now of the greatest importance, that so eminent a scientist as LOVE has submitted to mathematical investigation the question of the possibility of the rotation of the earth being the cause of so great a difference in the deformation of the earth in the two directions. It is only within the last few days that I have become acquainted with these investigations, which are based on three different assumptions.

„The first assumption is, that the earth is treated as a homogeneous solid body, the material of which is absolutely incompressible, but possesses a finite degree of rigidity.“

„The second assumption is that, apart from the action of the tide-generating forces, this body is in a state of initial stress, by which its own gravitation is balanced throughout its mass, while the body rotates uniformly about an axis passing through the centre of gravity.“

„The third assumption is that the figure of the body, when undisturbed, is an ellipsoid of revolution about this axis, the ellipticity, supposed small, being connected with the angular velocity in the same way as it would be if the material were homogeneous incompressible fluid. This involves the further assumption that the initial stress is hydrostatic pressure.“ This last question had already previously been treated by Sir G. DARWIN.

The result to which LOVE has arrived under these three different assumptions is, that the influence of the rotation of the earth cannot explain the differences resulting from the observations.

He finds a possible cause in the attraction of the tide-generating forces in the North-atlantic, and in the increased pressure produced by the tide-generating forces on the bottom of the sea, and in the deformation thus produced.

Now Gentlemen, in order to gain a better insight into the phenomena of the deformation and to be able to decide if really the influences suggested by LOVE explain the said differences, I should like to propose that two new stations be established by our Association, which should have the greatest interest in these investigations. I should like to propose the establishment of one of these international stations in Paris, where a good place for the observations could be in the cellar of the Observatory. I have already corresponded with Mr. ANGOT on the subject. Mr. ANGOT would kindly allow his staff to look after the apparatuses, which should in that case be in very good hands. Paris is still much nearer the Atlantic than the other stations and we should thus obtain a very interesting survey of the behaviour of the pendulums at Paris on one side, at Potsdam and Freiburg on the other side, and finally at Dorpat. From this survey conclusions of the greatest importance might be obtained. This would enable us first of all to see if there is still a greater augmentation in the difference than that between Potsdam and Dorpat, as it might be expected, should the attraction of the water-masses of the tidal-waves in the Northatlantic, and the deformation of the sea be the cause of the difference between the NS. and the EW. components.

As no such observations have as yet been made on the southern hemisphere of the earth, I should like to propose the establishment of a second station in the southern hemisphere. The choice of a place for this station will be rather difficult. Johannesburg in the Transvaal would perhaps be suitable. However, before taking a decision, a few things would have to be considered. I will point out, that the cost occasioned by the establishment of such a station would not be very great.

I should like to add, that it would be a great advantage should additional stations be established in the centre of Russia, say in the neighbourhood of Orenburg, and also in the centre of the North-american continent, or in Canada, where Winnipeg should specially be taken into consideration, or in the United States of America. At all the said places the influences of the attraction of the water-masses of the tidal waves would certainly be of very little importance.

O. HECKER.

## **Bericht der Kommission für die Körperlichen Gezeiten und Starrheit der Erde.**

Die Kommission zur Beratung des Antrages Hecker zur Begründung einiger Stationen zur Beobachtung der Deformation der Erde unter dem Einfluss von Mond und Sonne hält es für durchaus erforderlich, diese Gründungen auszuführen und schlägt vor, die dafür erforderlichen Mittel von im Maximum 10,000 Mark zur Verfügung der Commission spéciale pour l'étude des marées terrestres zu stellen. Nach der Meinung der Kommission wird die Gründung und Unterhaltung von vier Stationen für den Zeitraum von etwa zwei Jahren dafür möglich sein. Als Orte für die Stationen werden vorgeschlagen: Mitte des nordamerikanischen Kontinents, Mitte des russischen Reiches, Paris, ein Ort auf der südlichen Halbkugel.

ANGOT, HECKER, KLOTZ, ORLOFF, REID, VAN DER STOK.

## Rapport de la Commission du Catalogue.

Dans les deux années qui se sont écoulées depuis la session de Zermatt, le Bureau central a publié le Catalogue mondial de 1906, une seule année au lieu de deux qu'il aurait dû produire. Ce retard s'explique en partie par le changement de direction du Bureau après la retraite du PROF. G. GERLAND et l'intronisation du PROF. O. HECKER, en partie aussi par l'arrivée trop tardive de certains rapports nationaux, base du catalogue mondial. De ce fait la publication des catalogues suivants sera retardée d'une année; 1911 nous donnera le catalogue de 1907 et ainsi de suite. Espérons que dorénavant le Bureau aboutira chaque année à nous livrer une année du catalogue.

Ce catalogue de 1906 a été établi conformément aux propositions faites par notre Commission et adoptées par la conférence de Zermatt (C. R. Zermatt, pp. 65 et 19). Il contient, en quatre cahiers formant un total de 371 pages grand-in-8°.

1° Une *introduction* renfermant la bibliographie des observations et rapports nationaux, un résumé sismique de l'année, la liste des grands sismes, la monographie des sismes les plus intéressants.

2° Un *catalogue régional*, catalogue macrosismique rédigé par le Dr. E. SCHEU, renfermant la notation de 4522 sismes observés par l'homme, sans le secours d'instruments enregistreurs. Ils ont été répartis en 23 régions principales, et figurés graphiquement sur la carte mondiale en projection de LAMBERT équivalente, à l'échelle du 36.000.000°.

3° Un *catalogue microsismique* donnant les sismes enregistrés par des appareils sismographiques; cette liste renferme près de trois mille sismes plus ou moins sûrement caractérisés. Pour les sismes dont l'enregistrement a été suffisant, le Dr. S. SZIRTES, qui est chargé plus spécialement de cette partie microsismique, a recherché le lieu probable de l'épicentre; il est arrivé à le préciser plus ou moins sûrement pour 102 sismes et il les a figurés sur une seconde carte mondiale.

Pour toute cette première partie la rédaction du catalogue a suivi fidèlement les décisions de Zermatt.

Pour la seconde partie, le *catalogue général* qui, dans nos intentions devait présenter un tableau plus complet de l'état sismologique de l'année, le Bureau central, limité par des nécessités budgétaires, nous a demandé l'autorisation de l'établir sur un moins grand pied que celui proposé par nous. Nous nous sommes inclinés devant cette question d'économie et avons consenti à une simplification du programme. Dans la forme donnée au catalogue de 1906, le catalogue général n'est plus guère qu'une table des matières, mais elle est utile, indispensable; avec quelques corrections et perfectionnements qu'on lui apportera pour l'année suivante, il remplira, nous l'espérons, suffisamment son but. Il est nécessaire que le lecteur trouve résumés dans une table chronologique tous les phénomènes sismiques constatés par l'observation ou enregistrés mécaniquement, sans avoir à les rechercher dans l'intrication assez compliquée des divers catalogues

spéciaux; c'est dans ceux-ci que le spécialiste pourra obtenir les indications bibliographiques nécessaires à une étude plus complète des phénomènes. Quand le catalogue de 1907 aura été publié nous verrons si les perfectionnements projetés sont suffisants pour les nécessités actuelles de la science et de la pratique.

Nous constatons donc que, autant que possible, il a été tenu compte des décisions de Zermatt pour la rédaction du Catalogue de 1906, et que l'oeuvre est sensiblement en progrès sur celle des catalogues précédents. Nous en témoignons toute notre reconnaissance à tous ceux qui y ont participé.

Nous avons reçu en avril 1911 les premiers exemplaires du Catalogue de 1906. Pour gagner du temps, la Commission a décidé, par voie de correspondance, d'autoriser le Bureau central à commencer immédiatement l'impression de la partie microsismique du catalogue de 1907, suivant le plan de 1906, en y apportant quelques légères corrections de forme et d'imprimerie.

Pour le catalogue régional et pour le catalogue général, nous avons remis les décisions à prendre dans une séance de la Commission convoquée à Manchester, le 18 juillet. Dans cette séance, nous avons pris connaissance de quelques critiques et de quelques propositions formulées par divers membres de la Commission. Nous nous sommes mis d'accord avec M. le DIRECTEUR DR. O. HECKER sur quelques modifications à apporter à l'ordre et à la forme du Catalogue, et nous l'avons autorisé à procéder sans retard à l'impression du Catalogue de 1907. Chaque année apportera, nous l'espérons, quelques perfectionnements et bientôt nous aurons une oeuvre qui donnera satisfaction à tous les intérêts légitimes, réclamés par les sismologistes, les naturalistes, les physiciens, les techniciens, et les administrations des gouvernements, nos commettants. Qu'on nous accorde encore un peu de patience! Le progrès ne vient que lentement, mais, guidé par l'expérience, il arrivera sûrement.

Pour satisfaire à une critique de notre collègue, le DR. C. F. KOLDERUP, de Bergen, nous avons décidé de faire envoyer des épreuves de chaque section du catalogue régional à l'institut sismologique intéressé, de manière à avoir une révision autorisée de la rédaction faite à Strasbourg, d'après des documents souvent difficiles à interpréter.

En étudiant le catalogue de 1906, on est frappé de l'inégalité des documents qui nous arrivent des diverses régions du globe. Certains pays nous fournissent des rapports nationaux excellents et très complets; d'autres pays ne nous envoient rien ou presque rien. Nous demandons au Comité de la Commission permanente de chercher à obtenir de ces pays retardataires des matériaux plus satisfaisants qui nous permettent de donner un tableau plus également représentatif de l'état sismique de la terre.

En résumé, Messieurs, nous vous proposons les décisions et résolutions suivantes :

„Sur la proposition de la Commission du Catalogue, la Conférence de l'Association sismologique internationale :

1° Constate que le Bureau central de Strasbourg a, dans son ensemble, exécuté le Catalogue de 1906 conformément aux décisions de Zermatt. (C. R. p. 65 et 19).

2° Constate que quelques dérogations à ces décisions proposées par le Bureau ont été approuvées par le président de la Commission.

3° Constate qu'il est regrettable que dans le délai de deux ans il n'ait été publié qu'une seule année du Catalogue; qu'il est désirable que dorénavant il paraisse un Catalogue chaque année.

4° Remercie M. le Directeur du Bureau et ses collaborateurs et assistants pour le travail accompli.

5° Autorise la publication du Catalogue de 1907 sur le même plan général que celui de 1906, mais avec les corrections et modifications de détail proposées par les membres de la Commission et acceptées par le Bureau.

6° Donne à la Commission, sous la direction du Comité de la Commission permanente, la compétence d'autoriser la publication du Catalogue des années subséquentes.



7° Invite le Bureau à communiquer les épreuves du Catalogue régional au délégué de la nation intéressée, et par lui au rédacteur du Catalogue national qui pourra soumettre les notes du Bureau à une révision utile.

8° Invite le Comité de la Commission permanente à faire faire, par voie diplomatique, des démarches auprès des gouvernements de certains États, insuffisamment représentés dans le Catalogue, pour obtenir d'eux la désignation d'organes officiels, académies, sociétés savantes, instituts techniques, commissions sismologiques ou hommes de science, qui puissent servir de correspondants autorisés du Bureau central pour la collecte des matériaux du Catalogue."

Manchester, 18 juillet 1911.

F. A. FOREL.

## Über die mikroseismischen Bewegungen.

Unser Wissen über die mikroseismische Bodenunruhe ist noch recht lückenhaft. Wenn uns auch die instrumentellen Beobachtungen erlaubt haben, eine Reihe von Erfahrungstatsachen abzuleiten, so ist doch noch sehr vieles völlig unklar. Wir stecken eben erst in den Anfängen.

Was wir wissen, ist hauptsächlich folgendes: Wir wissen zunächst, dass es ganz verschiedene Arten von mikroseismischer Bodenunruhe gibt, die verschiedenen Ursachen zuzuschreiben sind und die, wie es scheint, einigermassen scharf von einander zu trennen sind. Wenn wir der Einteilung folgen, wie ich sie auf Grund der Potsdamer Beobachtungen während der Jahre 1904 und 1905 vorgenommen habe, so können wir zunächst Bewegungen von ganz kleiner Periode etwa bis drei Sekunden unterscheiden, die man als allgemeine Tagesunruhe bezeichnen kann, zurückzuführen auf Erschütterungen, die durch industrielle Werke und den täglichen Verkehr hervorgerufen werden. Diese Bewegungen sollen uns weiter nicht beschäftigen. Wir kommen nun zu der zweiten Klasse, Bewegungen mit einer mittleren Periode in der Nähe von 6—7 Sekunden. Diese Bewegungen setzen mit sehr kleiner Amplitude ein, wachsen dann im Verlaufe von Stunden an, bleiben für eine Reihe von Stunden, oft mehrere Tage konstant, um dann ebenso langsam abzuschwellen und allmählich zu verschwinden. Typisch ist die grosse Regelmässigkeit der Bewegungen, die darauf hindeuten scheint, dass grosse Teile der Erdkruste in Schwingungen geraten und dass sie also von den lokalen geologischen Verhältnissen wenig beeinflusst wird. Mit der Amplitude wächst auch die Periode sehr beträchtlich. Ob dieses Verhältnis zwischen Amplitude und Periode an allen Orten dasselbe ist, oder ob es von der lokalen geologischen Formation abhängig ist, wissen wir noch nicht. Eine Untersuchung nach dieser Richtung hin würde ohne Frage von Bedeutung sein, da, falls die geologische Beschaffenheit des Untergrundes die Schwingungsperiode nicht ändert, dieses den Schluss erlauben würde, dass grosse Massen der Erdkruste schwingen. Ein ungefähres Urteil darüber, bis in welche Tiefen sich die Bewegungen erstrecken, haben wir noch nicht; vielleicht wird sich ein Einblick aus Beobachtungen in sehr tiefen Bergwerken gewinnen lassen. Wenn in einer Tiefe von sagen wir 1100 Meter — eine solche Tiefe würde uns eventuell zur Verfügung stehen — die Bewegungen nicht wesentlich abgeschwächt sind, werden wir wenigstens mit Sicherheit sagen können, dass noch viel tiefere Schichten an der Bewegung teilnehmen. Von BENNDORF sind ja bereits Beobachtungen in dieser Tiefe gemacht worden. Soviel ich weiss ist aber bisher nichts Eingehenderes darüber veröffentlicht worden.

Was nun die Ursachen dieser Bewegungen anlangt, so besteht auch hierüber noch keine völlige Klarheit. Nach der Hypothese von WIECHERT sollen sie durch die Brandung des Meeres hervorgerufen werden. Wenn ich auch aus einer Bearbeitung einer zweijährigen Beobachtungsreihe in Potsdam einen engeren Zusammenhang zwischen Meeresbrandung und dieser Klasse von seismischer Bewegung nicht konstatieren konnte, so möchte ich doch auf Grund der Untersuchungen, die jetzt von verschiedenen Forschern angestellt sind, annehmen, dass in der Tat ein solcher Zusammenhang besteht. Besonders eine sehr eingehende Arbeit über die mikroseismische Unruhe

von Gutenberg, die wohl auf Anregung von PROFESSOR WIECHERT ausgeführt ist, und in die ich Einblick nehmen konnte — sie befindet sich augenblicklich im Druck — bringt sehr viel beweiskräftiges Material. Um volle Klarheit hierüber zu gewinnen, müssen wir über instrumentelle Hilfsmittel zur Bestimmung der Periode der Meeresbrandung verfügen. Unsere Assoziation besitzt ja jetzt ein solches Instrument, das von unserem Präsidenten, Herrn SCHUSTER, im Verein mit der Cambridge Scientific Company konstruiert und dessen Beschaffung uns in liberalster Weise von ihm erleichtert wurde. Dieses Instrument wird an geeigneter Stelle aufgestellt einen wirklichen Vergleich gestatten.

Eine weitere Frage ist die: Treten diese Bewegungen gleichzeitig auf grossen Gebieten auf, ändern sie also auf diesen Gebieten gleichmässig ihre Intensität oder nicht?

Die Bearbeitung der Registrierungen an einer Reihe von Stationen Mitteleuropas, die ich vorgenommen habe, zeigen, dass diese Art der Bewegungen nicht für alle Orte zur gleichen Zeit relativ gross ist, wenn sie auch für grössere Distrikte keine erheblichen Unterschiede aufweist, immer relativ genommen, natürlich, da der Untergrund eine wesentliche Rolle mitspielt. So zeigen Hamburg, Potsdam, Göttingen und vielleicht auch Jena einen ähnlichen Verlauf der Intensität. Strassburg, München und Wien zeigen dagegen ein von diesen Stationen zuweilen stark abweichendes Verhalten. Es zeigt sich zuweilen, dass wenn in den nördlichen Stationen die Bewegungen geringer sind, sie in den südlicheren stark auftritt, was sehr merkwürdig ist. Wenn nämlich die Brandung an den Küsten der Nordsee die alleinige Ursache für die kurzperiodischen Bewegungen ist, so müsste man wohl annehmen, dass einer stärkeren Bewegung an den nördlichen, ebenfalls eine stärkere an den südlichen Stationen entspräche, was aber, wie erwähnt, nicht immer der Fall ist. Dieser Punkt würde also auch bei der Aufstellung eines Programmes für die Untersuchung dieser Bewegungen zu berücksichtigen sein, ebenso auch der, in welchem Verhältnis die Grösse ihrer Amplitude im Mittel an den einzelnen Stationen steht. Weiter würde der Versuch zu machen sein, ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit zu messen.

Eine weitere Klasse der mikroseismischen Bewegungen sind die Bewegungen mit einer Periode von etwa 30 Sekunden. Von diesen können wir mit ziemlicher Bestimmtheit annehmen, dass sie durch die lokalen Windverhältnisse, durch die Reibung der bewegten Luftmassen an der Erdoberfläche hervorgerufen werden. Für diese Bewegungen, deren Periode ebenfalls mit wachsender Amplitude stark zunimmt und die im Gegensatz zu den besprochenen Bewegungen sehr unregelmässig sind, würde ebenfalls festzustellen zu sein, ob sie in grosser Tiefe ebenso auftritt wie an der Oberfläche, oder ob mit zunehmender Tiefe eine wesentliche Abnahme der Amplitude zu konstatieren ist und die Schwingungen sich also auf die obersten Bodenschichten beschränken. Letzteres möchte ich eigentlich eben wegen der Unregelmässigkeit der Schwingungen annehmen. Es würde ferner zu untersuchen sein wie weit sich diese Bewegungen fortpflanzen.

Schliesslich wären noch die mikroseismischen Bodenbewegungen mit Perioden von  $\frac{3}{4}$  bis zu einer Minute, die nach Gutenberg auf die Einwirkung des Frostes auf die Erdoberfläche zurückzuführen sind, zu untersuchen.

Um die vorher angedeuteten Untersuchungen in grösserem Masstabe durchführen zu können, bedarf es systematischer Arbeit, einer festen Organisation, ohne die ein gedeihliches Weiterarbeiten ohne zu grosse Belastung eines einzelnen nicht zu erhoffen ist. Ich möchte mir erlauben, Ihnen in kurzen Umrissen darzulegen, in welcher Weise meiner Ansicht nach diese Arbeiten fortgesetzt werden könnten.

Für Europa würde man wohl am besten in der Weise Material beschaffen, wenn das Zentralbureau in allen denjenigen Fällen, in denen in Strassburg ein starkes Anwachsen der Störungen, insbesondere der kurzperiodischen, um die es sich ja vorläufig hauptsächlich handelt, beobachtet wird, sich mit der Bitte an die seismischen Stationen wenden würde, für einen bestimmten Zeitraum die Grösse der Bewegung und ihre Periode dem Zentralbureau mitzuteilen. Weiter müsste dann diese Mitteilung noch eine kurze Charakteristik, Beginn und Ende, sowie Zeit des Maximums der Bewegung enthalten. Das Zentralbureau würde dann diese Ergebnisse mit den Angaben des Wellenzählers, einer Übersicht der meteorologischen Verhältnisse, der Stärke der Brandung an den ver-

schiedenen Küsten veröffentlichen. Falls solche Zusammenstellungen im Laufe eines Jahres nur wenige Male geschehen würden, so würde in kurzer Zeit ein sehr wertvolles Material zusammenkommen, ohne dass der einzelne auch nur nennenswert belastet würde. Selbstverständlich würden nur die Angaben gedämpfter Pendel zu verwerten sein. Eine ähnliche Organisation würde dann in den von Europa getrennt liegenden Ländern, Amerika etc. zu treffen sein.

Um einen angenäherten Einblick in das Gesetz zu gewinnen, nach dem die Amplituden der mikroseismischen Bewegungen mit wachsender Tiefe abnehmen, würde es weiter zweckmässig sein, an zunächst einem Orte gleichzeitig sowohl oberirdisch als in grosser Tiefe Beobachtungen anzustellen. Die Beobachtungen würden dann später an andern Orten mit anderer geologischer Formation zu wiederholen sein.

Ich darf wohl die Hoffnung aussprechen, dass die beabsichtigten Untersuchungen die Unterstützung der seismischen Stationen finden werden und dass uns das erbetene Material zur Verfügung gestellt werde.

O. HECKER.

## An Apparatus to determine the period of Ocean Waves.

The suggestion, first made by Professor WIECHERT, that the small oscillatory movements shown by seismographs, which have a period of about 7 seconds, are due to the impact of ocean waves on the coasts of continents, has led to the construction of an apparatus intended to record and count the waves which reach the shore in a given time. The general principle of the apparatus is simple. An iron tube is led under the water below the level of low tide. As the waves pass above this open end of the tube, the increase of pressure forces the water through the tube and finally acts on a mercury manometer, the oscillations of which are automatically recorded.

Provision has to be made to avoid any effects due to the tidal change of level. In constructing the apparatus it was considered desirable to confine the records to a mere counting of waves without attempting to register their heights.

Although the record of the amplitude of the oscillations would have been useful, the cost and complication of the apparatus would have been increased considerably, and it was thought best to gain some experience with a simple instrument before attempting a more complicated one. The instrument was designed by the Cambridge Instrument Making Company, and has been set up on the Yorkshire coast. MR. MORRIS-AIREY, who has been in charge of the observations, was able to modify and simplify the original apparatus considerably; and I have asked him to add a short description of it.

ARTHUR SCHUSTER.

The apparatus as shown at the Manchester meeting has been still further simplified and the following description relates to its present form.

The iron tube referred to in the preceding note has an internal diameter of about 5 cms. and is 25 metres in length. The lower end is fixed at a point 2 metres below the mean low water level at the end of the South Pier, South Shields, the distance from the shore being about 1 kilometre. After mounting the parapet of the pier end the pipe passes horizontally into a room of the lighthouse where the remainder of the apparatus is set up. The change in the water level which accompanies the passage of a wave causes a rush of air along the pipe to a mercury manometer. The latter shows a movement of 2 to 3 cms. for a wave 1 metre in height.

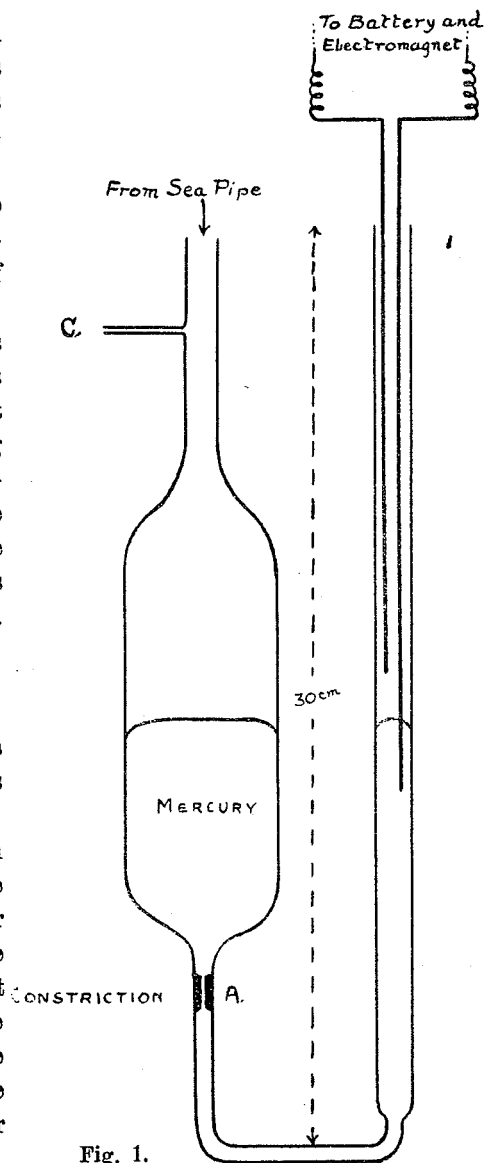


Fig. 1.

The actual form of manometer used is shown in Fig. 1. The limb connected to the pipe is made much wider than the open branch, so that the change in level of the mercury takes place almost entirely in the latter. The motion of the mercury is sufficiently damped by means of a constriction at A. Two wires are arranged in the open limb of the manometer in such a manner that the rising mercury establishes electrical connection between them and completes a circuit containing suitable batteries and a small electromagnet.

With this arrangement each wave would cause a current through the electromagnet but the wires would have to be raised or lowered to compensate for the tidal change in level which has a much greater amplitude than that caused by the waves. To obviate this a fine capillary tube, open to the atmosphere, is attached at C. The slow variation of pressure due to the tidal change causes the air to leak through this tube and thus does not affect the manometer, while the rapid changes in pressure caused by the waves are practically unaffected by this small leak and therefore produce their full effect.

The electromagnet acts upon an armature which is connected to a simple escapement so that each time the armature is attracted and released the escapement wheel rotates through one

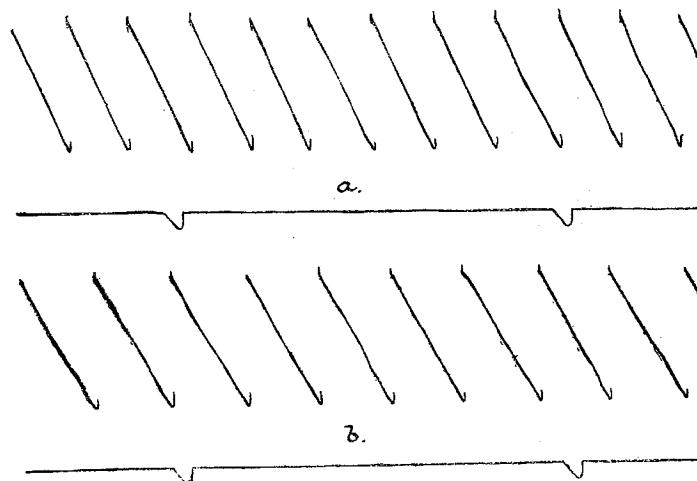


Fig. 2.

step. On the axle of this wheel is mounted a cam on which presses a lever connected with a recording pen. The cam is so shaped that the pen after moving through 120 steps in a straight line slips back to its starting point again.

A clock driven tape moving at the rate of 6 cms. per hour is drawn past the pen in a direction at right angles to the direction of motion of the pen.

If the sea is calm, the pen traces a line parallel to the length of the tape. When waves pass the pipe at regular intervals the pen traces a series of zig-zag lines. Owing to the smallness of the steps the tracings actually appear as a series of parallel lines whose obliquity depends upon the speed of the tape and the period of the waves. A second pen traces on the same tape a series of hour marks so that the absolute period of the waves can easily be calculated for any time. In Fig. 2, *a* shows the appearance of the tracings during a gale when the period of the waves was about 4.8 secs.; *b* is a record taken 24 hours later. The period has now reached nearly 6 secs. and continued to increase.

This method of recording enables one to see at a glance the way in which the period of the waves is changing.

The recorder is now working continuously without any attention beyond winding the clock and changing the tape which is done once per week.

H. MORRIS-AIRRY.

## Rapport du Comité sur la Bibliographie sismologique.

Ce comité fut nommé par la seconde réunion de la Commission permanente et présenta un rapport préliminaire à la troisième réunion qui eut lieu à Zermatt. La conférence de Zermatt en approuvant ce rapport vota la motion suivante:

„Le comité de la Commission permanente est autorisé à entrer en relations avec la Direction du Catalogue international de la Société Royale de Londres pour fixer les conditions de la publication dans un volume spécial, de la partie du catalogue qui a trait à la sismologie.“

La sismologie, à présent, fait partie du sujet „Géologie“ dans le catalogue international et se trouve dans la section „Géodynamique“. Cette section est divisée et numérotée comme suit:

### *Géodynamique.*

#### 01. Généralités.

##### *Dynamique interne. (Action hypogène.)*

#### 05. Généralités.

#### 06. Phénomènes volcaniques (y compris les sources thermales).

#### 07. Phénomènes sismiques. Sismologie.

#### 08. Affaissements et soulèvements séculaires.

#### 09. Autres actions physiques et chimiques souterraines. Effets de la chaleur, des sources géothermales, de la pression, etc.

##### *Dynamique externe. (Action épigène.)*

#### 11. Généralités.

#### 12. Dénudation, sédimentation et dépôts.

#### 13. Action de l'atmosphère. (Dunes.) (Voir aussi J 25.)

#### 14. Action de la pluie (dégradation par les météores). (Voir aussi J 17.)

#### 16. Action des eaux souterraines, sources, nappes souterraines, grottes, éboulements). (Voir aussi J 34, 55.)

Il y a en outre une division „Méthodes de recherches, Instruments et appareils (0090)“, qui contient la bibliographie des travaux qui traitent des instruments sismologiques. Notre bibliographie devra comprendre toute la „Dynamique interne“, et une grande partie des numéros 0090 et 01, mais il ne nous semble pas nécessaire d'ajouter la „Dynamique externe“. Pour plus de clarté la division 07 „Phénomènes sismiques. Sismologie“, devrait être subdivisée en plusieurs sections.

Pour assurer la perfection de la bibliographie il serait à désirer que les représentants des États qui ont formé un bureau du catalogue international se mettent en relations avec ce bureau. Pour les pays qui ne possèdent pas de bureau (Bulgarie, Chili, Roumanie, Serbie) il faudrait nom-

mer un représentant qui se chargerait d'envoyer, au Bureau central de Londres, les titres des publications de son pays qui devront être introduites dans la bibliographie

Les frais de publication s'élèveront pour 750 copies à peu près à £ 25 (M 500) pour les premières années. Cette somme se compose comme suit:

Le catalogue de sujets: tirage à part de 20 pages à peu près	£ 1 - 0 - 0
Le catalogue des auteurs: impression de 24 pages . . . . .	„ 12 - 0 - 0
Reliure 3d par pièce . . . . .	„ 9 - 7 - 6
Titre spécial etc. . . . .	„ 2 - 0 - 0
	<hr/>
	£ 24 - 7 - 6

Il est probable cependant que les publications deviendront plus nombreuses, ce qui élèverait les frais dans peu de temps. Il faudrait donc mettre un crédit plus haut dans le budget.

ARTHUR SCHUSTER.



## Rapport sur le Congrès Mondial des Associations Internationales.

Par M. PAUL OTLET, Secrétaire Général du Congrès et présenté par M. GEORGES LECOINTE.

Du 9 au 11 mai 1910 s'est réuni, à Bruxelles, le Congrès Mondial des Associations Internationales. Cent trente-deux associations et organismes internationaux y ont adhéré et parmi eux l'Association Internationale de Sismologie.

Par la nouveauté de son objet, le nombre de ses participants, le caractère très général des questions qui y ont été traitées, ce Congrès figure parmi les plus importants de l'année 1910.

L'objet de ce Congrès est l'étude de l'organisation internationale dans tous les domaines et sous toutes les formes : la science et l'art; le droit et l'organisation politique; les œuvres sociales et le domaine économique.

La lettre d'invitation définissait, en ces termes son but et son programme :

L'organisation internationale est due à un mouvement vaste et continu, séculaire quant à son origine, mais qui a pris son grand développement en ces dernières années.

Elle tend à une coopération plus grande entre les groupes similaires de tous les pays, à l'extension, au monde entier, des grandes conquêtes du savoir et de la technique, à l'unification des méthodes et à l'entente internationale sur tous les points où elle est possible et reconnue désirable.

Les Associations Internationales sont devenues les organes centralisateurs de ce mouvement. Officielles ou privées, créées par l'union des États ou formées par le rapprochement des collectivités nationales de libre initiative, c'est à elles que nous devons ces résultats qui ont transformé la vie mondiale : la poste universelle ; l'extension à toutes les relations du système métrique décimal ; la coordination par delà les frontières des services de chemins de fer et de navigation ; le droit international appliqué à tous les rapports juridiques des personnes et des biens ; la justice arbitrale entre les nations, substituant le règne de la paix aux aléas de la guerre ; la discussion interparlementaire des grands intérêts mondiaux ; la mutualité, la bienfaisance et l'assurance, étendant à tous les pays la sphère de la solidarité et de la fraternité ; la santé publique mise à l'abri des grands fléaux par des mesures d'hygiène concertées ; les œuvres d'art et les livres internationalement protégés, échangés, prêtés et la documentation universalisée ; les sciences étudiées en commun et, par l'apport des résultats partiels des travailleurs de tous pays, constituées en une synthèse universelle du savoir.

Réunir en des assises communes les dirigeants des Associations Internationales et ceux qui participent à leur action est une entreprise nouvelle. Comment ne pas être convaincu qu'elle est appelée à produire des résultats considérables ?

Le but du Congrès, en effet, est multiple.

C'est d'abord la mise en relation des hommes qui ont vécu au contact des réalités internationales. Ils ont un intérêt réciproque à échanger les fruits de leur expérience, quant aux moyens à employer et aux procédés à mettre en œuvre pour le développement et la gestion des Associations confiées à leur soin.

Il y a ensuite la recherche de l'harmonie et de la coordination entre les buts et l'activité de tant d'œuvres diverses, nées de besoins particuliers, et qui se sont développées souvent sans

soupçonner même comment elles pourraient coopérer entre elles, s'entr'aider, mieux délimiter leur sphère d'action, s'intégrer davantage soit en se dirigeant dans telle direction donnée, soit en provoquant la création d'organismes nouveaux, complémentaires et auxiliaires.

Enfin, et par-dessus tout, il y a grande utilité à voir confier à un Congrès central l'œuvre même qui est commune à tant d'Associations et de Congrès internationaux : l'organisation de la vie internationale dans laquelle se retrouvent, mais sur une échelle plus vaste et avec des modalités caractéristiques, les mêmes fonctions et les mêmes problèmes que dans la vie nationale. Les étudier, les formuler et les proclamer, en tenant compte de leurs relations réciproques, n'est-ce pas une tâche qui échoit naturellement aux Associations Internationales unies, elles qui constituent, à l'heure actuelle, la plus haute représentation des intérêts mondiaux et de la civilisation ?

Appelé à siéger le premier de toute une série de Congrès internationaux spéciaux, convoqués eux-mêmes à Bruxelles en 1910, selon qu'il convient traditionnellement en une année d'Exposition universelle, le Congrès des Associations Internationales ne pourra manquer d'exercer, sur leur orientation même, une action efficace.

Six points figuraient à l'ordre du jour :

1. Étude comparée de la structure et du fonctionnement des associations internationales.
2. Régime juridique international des associations internationales.
3. Établissement de systèmes internationaux d'unités dans la science et dans la technique.
4. Organisation internationale de la documentation.
5. Unification du langage scientifique et technique.
6. Coopération entre associations internationales.

Le Congrès a été préparé par une enquête générale, par des rapports présentés par les associations adhérentes et par un rapport général en terme de conclusions sur les divers points de l'ordre du jour.

*L'Enquête* a porté sur l'état actuel d'environ 200 associations. Elle a été consignée en un volume de 1370 pages paru sous la forme d'un Annuaire qui sera périodiquement complété et tenu à jour (Annuaire de la Vie Internationale. Chaque association a donné lieu à une monographie dont les éléments ont été fournis directement par elles-mêmes ou puisés aux sources originales (Voir p. 393: L'Association Internationale de Sismologie).

Les rapports particuliers présentés au Congrès émanent tous des Associations et de leurs délégués. Ils ont été au nombre d'une soixantaine, les uns spéciaux portant sur des points particuliers de l'ordre du jour, les autres généraux répondant aux points du questionnaire dressé par la Commission organisatrice. La plupart de ces rapports contenaient des observations dont toute association internationale peut faire son profit. Deux de ces rapports intéressent plus directement notre Association :

(Rapport 3. 11.) Sur les nécessités d'organisation et de subvention gouvernementale ou donatrice pour le véritable progrès et pour la haute mission civilisatrice des sciences exactes explorant le ciel et la terre, par M. WILHELM FOERSTER, Président de l'Association.

(Rapport 3. 7. 22.) L'Association géodésique internationale.

Le rapport général vise les six points de l'ordre du jour. Il ne comprend pas moins de 200 pages et se présente sous la forme de codification générale des principes, idées, faits, règles et desiderata formulés dans les congrès spéciaux tenus antérieurement par les associations internationales, mais qui n'avaient guère jusqu'ici fait l'objet d'un rapprochement. Chaque question est divisée en sous-questions de manière très systématique en suivant l'ordre d'un numérotage décimal et en se servant de rubriques annonçant chaque sujet. Sur tous les points visés une conclusion est présentée en termes concis: affirmation d'un principe ou expression d'un desideratum. En note, les références aux actes des associations qui se sont prononcées dans un sens conforme ou dans un sens différent, avec souvent le texte in-extenso.

En suivant cette méthode les auteurs du rapport ont désiré apporter de la clarté dans les discussions, économiser un temps précieux et fournir un instrument de propagande à l'oeuvre du Congrès.

Les sections ont pu prendre les conclusions du rapport général comme base de leurs discussions. Il a été indiqué aussi que dans chaque session ultérieure du Congrès serait représenté le rapport général, complété et mis à jour, notamment par les décisions du 1<sup>er</sup> Congrès, par les nouvelles conclusions des rapporteurs particuliers et par les nouvelles résolutions d'ordre général qu'auraient prises entre temps, les grands congrès internationaux, des sciences, de la technique et de l'Economie Sociale. Par ce moyen on espère mettre fin aux répétitions inutiles, tout en faisant mieux connaître aux diverses associations des conclusions relatives à l'organisation des travaux scientifiques qu'elles ont le plus grand intérêt à connaître.

Dans tous les chapitres de cette codification, il y a des points qui peuvent nous intéresser et en maints endroits sont rappelés les travaux de notre association. Nous nous bornerons à en mentionner quelques-uns. A propos des modes pratiques de coopération, on a cité en particulier les travaux qui ont été concertés entre elle et l'Association Géodésique internationale (1. 42.), l'action coordinatrice de l'Association internationale des Académies et les desiderata exprimés par elle (1. 726.). Le rôle du Bureau international des Poids et Mesures (1. 727.). La nécessité d'asseoir le régime juridique des associations internationales est examinée en détail (2. 3.), et il a paru nécessaire de demander que l'on apporte des améliorations à l'état actuel, l'association internationale n'entrant dans le cadre d'aucun des types nationaux précisés par les législations nationales. Un système général et intégral d'unités et de mesures a été réclamé ayant pour base le système métrique et la décimalisation (Desiderata du Bureau international des Poids et Mesures), la révision des unités existantes et la substitution à ces unités et systèmes nouveaux (3. 23.), l'établissement d'un Code des unités scientifiques et techniques (3. 4.), et la publication des constantes (3. 27.).

Les conclusions sur le fonctionnement des associations se basent sur une étude comparée des méthodes de travail en usage dans les grands organismes et les grands Congrès (4.). Sur la documentation, une codification très détaillée a été présentée (5.). Elle vise notamment la Bibliographie, le Répertoire Bibliographique Universel, établi selon les principes de l'Institut International de Bibliographie (5. 3.), l'établissement de bibliothèques internationales centrales pour chaque branche des sciences (4. 2.), la condensation des résultats dans les grandes encyclopédies spéciales (5. 5.), les échanges internationaux entre les associations (5. 742.), les règles coordonnées pour la rédaction et l'édition des publications scientifiques s'inspirant des résolutions des Congrès internationaux de Botanique, de Zoologie, de Géologie (5. 2.).

Sur le langage scientifique et technique, un grand nombre d'observations générales ont été condensées, qui toutes tendent à coordonner ce qui a été fait jusqu'à ce jour avec trop d'empirisme ou de particularisme, ou affirment la nécessité d'un système à la fois général, interscientifique et international (6. 02.). Le système doit s'étendre à la terminologie (6. 1.), aux définitions (6. 2.), à la classification systématique des objets des sciences, des phénomènes et des théories (6. 3.), aux notations symboles et formules (6. 4.), aux schémas et diagrammes (6. 5.), aux signaux optiques et acoustiques (6. 6.). Les conclusions portent aussi sur l'emploi des langues usuelles dans les réunions et les publications internationales (6. 7.), et sur la fonction et le choix d'une langue auxiliaire internationale (6. 8.).

L'activité du premier Congrès bien que limitée par les organisateurs à quelques points, s'est étendue à un très grand nombre de sujets différents. Dans une première tentative de rapprochement du genre de celle qu'on a voulu opérer il ne semble pas qu'il faille le regretter. Une question dominant toutes les autres: Existe-t-il des intérêts généraux communs à toutes les associations, à tous les Congrès internationaux? La réponse n'a plus semblé douteuse après l'expérience faite. Il s'agira maintenant de préciser davantage et c'est pourquoi il a été décidé que le Congrès serait périodique.

Pour assurer à ses résolutions, l'exécution nécessaire et préparer les futures sessions, les délégués avant de se séparer ont reconnu comme organe permanent du Congrès, l'Office Central des Institutions Internationales à l'initiative duquel était dû la première session.

Cet Office a son siège à Bruxelles. Sa fonction est de centraliser toutes les informations et toute la documentation sur la vie internationale et d'en étudier les principales manifestations.

Les délégués ont aussi émis entre autres, les vœux suivants: *a)* que toutes les associations internationales adhèrent au Congrès Mondial; *b)* qu'elles restent en constantes relations avec l'Office central et y soient représentées par un délégué permanent; *c)* que les associations tiennent compte des desiderata exprimés par certaines associations dans un intérêt général; *d)* que des associations poursuivant des buts connexes coopèrent et s'entraident entre elles; *e)* que les associations communiquent à l'Office Central le texte de leurs délibérations et résolutions destiné à tenir à jour la codification de ces résolutions réalisée par le Rapport général et qu'elles centralisent aussi leurs publications dans ses collections documentaires.

Les délégués se sont chargés de transmettre ces vœux à leurs associations collectives et de leur demander d'y acquiescer attendu qu'ils respectent la parfaite autonomie et indépendance.

En transmettant ces vœux à l'Association Internationale de Sismologie, nous avons l'honneur de les lui recommander tout spécialement et de l'inviter à leur faire bon accueil.

## Uniform bulletins for Earthquake records.

The desirability of uniformity in our earthquake bulletins, in their nomenclature in their arrangement, in their forms, seems so obvious that it should be but necessary to refer it to secure its adoption.

In no other science at the present time is there such a diversity of the manner of recording events or investigations or in nomenclature as exists in seismology today. Assuming that uniformity is admitted by all as being desirable, the apparent difficulty will probably be found in agreeing upon what that uniformity should be.

Whether we designate an unknown by  $x$  or by  $a$  is fundamentally quite immaterial; however by usage, we have now adopted in our algebras  $x$  as representing the unknown quantity.

In each department of science, whether in astronomy, astro-physics, light, heat, electricity, magnetism there are well-recognized symbols and designations that are used the world over, and are understood in their unequivocal meaning, and so it should be in seismology.

Now, at the beginning of systematic observations and research in this new science with its ever increasing number of recording stations and of votaries, it is particularly opportune that a step — the right step — be taken in this direction. In no other department of science, I think I am safe in saying, are there, or will there be so many exchanges between the observing stations as there are, or will be between seismological stations. Uniformity will mean a great deal of saving in time and labor and avoidance of misinterpretation. I am sure that every seismologist here who receives exchanges must have been struck by the multiplicity of differences between them. To begin with, he will find some sheets small, some large; some having the horizontal lines parallel to the longer side of the sheet, others having them parallel to the shorter side. Having both kinds means inconvenience in their use and in filing. Some of the sheets have not the geographic co-ordinates of the station, this again means a waste of time in looking them up. Some designate months by Roman numerals, the date of the month in Arabic numerals, and the days of the week by astronomic symbols. Now this is all very well, but I think for most of us there is just a bit of mental energy wasted by the method. Each sheet issued as exchange should indicate the kind of instrument used and if possible its constants, — together with the clock correction. This latter is a serious matter. When we are dealing as we mostly do, only with differences of time pertaining to the different phases of an earthquake, the time correction is then a negligible quantity, but not so when investigations are made as to the time of propagation of waves, and the different kinds of waves, to many parts of the earth; then the time required must be accurate to within a second, — and I believe this is scarcely true at present.

An exasperating circumstance is when one has accepted in good faith the times as given on a sheet, to receive perhaps some months later a table of time corrections. To say the least this is not fair to one's confrères who have in the mean time used the former figures.

There seems no valid reason why at the present time with the availability of good clocks and with the convenience of telegraph including wireless and telephone lines, and the application

of a „sunder“ actuated by a standard clock and placed to the trumpet of the telephone, we should not have the requisite accuracy for the time-scale in our seismograms.

In connection with time, there is still lack of uniformity of using the same standard meridian. Fortunately local times have I think wholly disappeared, but there are still some that do not use the Greenwich meridian. Uniformity here too will I am sure be welcome to all or most of us, particularly as Greenwich in other fields has been adopted as the international Zero meridian.

We now come to the nomenclature of the actual record of an earthquake.

At present all seismologists recognize three principal phases in a seismogram, spoken of as due to longitudinal or compressional, transverse or distortional, and long or surface waves. The records that we get is essentially one of time, hence we find in the nomenclature adopted, „First Preliminary“, „Second Preliminary“; and also P and S for the same phenomena. Some there are who use designations implying the waves or kind of wave recorded, using therefore the designations V and  $V_1$ .— There can be no doubt that for the above a single symbol is preferable to words to express a phenomenon or fact; and in the adoption of such a symbol or symbols it is reasonable to adopt such as have already gained the greatest currency. *Per se* there is not much preference in symbols, but there is a great deal in having uniformity for our international exchanges. In definition too there is yet some lack of complete uniformity, I refer to the word amplitude. The most of us, I think, use it to designate the distance to either side of the zero line; however there are some who use it for the whole swing from side to side, or range. The word „period“ I think is universally used now to designate the complete oscillation of a pendulum, that is, the time interval between an extreme elongation to the following one on the same side, or twice the time of oscillation.

Having spoken of the three principal phases and the symbols by which they are to be recognized, there remain secondary phases — at times recognizable on the seismogram — which require symbols for designation, and in harmony with those of the principal phases.

Having referred to the nomenclature for the seismogram, I wish to refer to another point on bulletins as now issued, it pertains to the entries in the column for Amplitude, and its derivative  $\Delta g$ , the latter given in a few bulletins. I take it that a bulletin should be thoroughly explicit, and no doubt should exist as to the derivation or manner of derivation of a quantity.

PROFESSOR WIECHERT in his exhaustive memoir on the „Theory of the Seismograph“ has shown that the theoretical magnification of the instrument is applicable only in very particular cases in deducing the real movement or amplitude, and in most cases the magnification has to be specially deduced, being dependent upon the periods of the pendulum and the earth particle as well as on the damping ratio. Hence for one and the same earthquake we would have to apply different magnifications to our actual amplitudes as measured on the seismogram. As for any individual earthquake the period of the pendulum remains constant, it is only the period of the earth particle that is the variable quantity. It would appear to me therefore to be desirable to have another column introduced either giving the actual amplitude on the record, or the magnification used in deducing the real amplitude of the disturbance. I am confident that this would meet with the approval of all investigators who study the energy of a quake as manifested in various parts of the world. We want to get all the data possible out of seismograms but they must be homogeneous, if they are to be of service to Science.

This point of homogeneity cannot be too strongly urged and emphasized.

Another point that I think should meet the approval of all, is, that bulletins should be printed or stylographed on one side or page of a sheet only. Here I am speaking of bulletins only and not of annual reports, which are invariably printed and of course on both sides of the sheet. Furthermore the bulletin should be confined to seismology, and not be an appendix to meteorological or other data.

As to the interval for issuing bulletins. Our Observatory issues them at the beginning of every month for the earthquakes of the preceding month, so that one or more bulletins are issued

at the same time depending upon the number of earthquakes. I think however when a severe earthquake — a world-shaking one — is recorded, then a separate bulletin should be immediately issued for it. In this connection it would be desirable, especially for widely separated stations which are engaged in research, to have an exchange of seismograms too. We cannot get too much data — but it must be reliable — for the study of earthquakes, the interior of the earth, and movements of the earth's crust in general.

I think I have brought out the most of the salient points why there should be uniformity of bulletins. In order to bring a definite proposition before the association I would move that a committee, which shall report to this meeting before adjournment on some suggested form of earthquake bulletin with the recommendation that it be adopted by all stations issuing bulletins. Of course it is optional for any station to issue bulletins in any form it sees fit; on the other hand however, it must be presumed that we are all anxious to further the interests of seismology, and undoubtedly one way towards that end is to have uniform bulletins and nomenclature. The whole of the preceding pertains only to earthquakes.

As to recording microseisms; — this is a comparatively new field and little so far has been done in it. The word itself, has, as yet, no very definite scientific meaning. I myself have used the word solely and exclusively for those pulsations, more or less present throughout the year, with a period of about 5<sup>s</sup>, and not attributable to earthquakes but apparently to the presence of areas of low barometer, surrounded by steep gradients, on the sea.

It is a question whether the bulletins should be burdened with details about such microseisms, or whether it would not be better for each station to make an annual separate report thereof. I think the latter course would be preferable, for the investigator would then have the whole material for the year before him, and inter-comparison would be rendered more easy.

We have spoken of earthquakes and microseisms, there are still other movements of the earth and the earth's crust that are not of a seismic or pulsatory character and yet find themselves recorded by the seismograph. Such movements may be due to lunar, solar or tidal gravitational effect; to solar heating heaving the surface; to wind; to frost; and to direct differential barometric pressure effect near the station.

It seems to me desirable to differentiate these movements from the two preceding ones by a distinct word or name.

I would therefore suggest that the word „Microkines“ be adopted for all such small movements, which the word itself intimates.

However the main object of my paper is to secure uniformity in earthquake bulletins, and I trust it may bear practical results.

OTTO KLOTZ.

Annexe XIV. 2.

**The Committee on „Uniformity of Bulletins“ begs to report unanimously as follows:**

The size of the sheets is to be approximately 19×33 cm. and to be written or printed on one side only.

At the top of each sheet is to be printed conspicuously the name of the station; also the geographic coordinates and altitude above sea level; also the nature of the subsoil; likewise the kind of instrument and its constants.

The sheets are to be numbered continuously, avoiding the use of a combination of figures and letters, as 1*a*, 1*b*, 1*c* and the like. For the phases the symbols *P*, *S*, *L*, *M*, *C* and *F* are adopted, where *P* refers to the first phase or first preliminary tremors to which *e* and *i* may be applied as subscripts, to distinguish between a mere disturbance and a sharp inset. *S* designates the second preliminary tremors; *L* the long waves, *M* the maximum, not necessarily of the amplitude on the diagram but of the movement of the earth particles. *C* refers to the trailers, for which only the period is to be given, and *F* refers to the end of the quake, as distinguishable on the seismogramm.

Time to be mean Greenwich time midnight to midnight.

In the vertical columns, the following will be the order:

Date; Phase; Time; Period; Amplitude of three components *N—S*, *E—W*, and vertical;  $\Delta$  the distance; and the remaining margin for „Remarks“. The amplitude is for the actual movement of the earth particle, and when north or east is to be followed by the sign plus (+), and when south or west by the sign minus (—); while for the vertical plus (+) designates upwards and minus (—) downwards.

When the interpretation of a phase is doubtful it is to be followed by an interrogation mark and not by the use of brackets. The times are to have the time corrections, if any, applied. Bulletins are to be issued with the least possible delay, and if possible be reproductions from a type-writer or printed.

Manchester, July 21, 1911.

Otto Klotz,  
Chairman.



Annexe XIV. 3.

Internationale Seismologische Assoziation  
DER DIREKTOR DES ZENTRALBUREAUS

Strassburg i. E., Dezember 1911.  
Herderstrasse 5

Da die grosse Verschiedenheit sowohl der Bezeichnungsweise als auch der Form in den von den seismischen Stationen herausgegebenen seismischen Berichten eine Vergleichung der Erdbebenregistrierungen ausserordentlich erschwert, so hat die Permanente Kommission der Internationalen Seismologischen Assoziation bei ihrer Tagung im Juli 1911 in Manchester beschlossen, den seismischen Stationen dringend anzuempfehlen, ihre Veröffentlichungen nach dem unten angegebenen, von einer zu diesem Zwecke zusammenberufenen Kommission aufgestellten, einheitlichen Schema einzurichten und die durch den Kommissionsbeschluss international festgelegte Bezeichnungsweise von jetzt ab anzuwenden.

Die Berichte sollen etwa das Format  $19 \times 33$  cm haben und einseitig bedruckt sein.

Der Kopf des Formulars soll als Überschrift in *grossen Lettern den Namen der Station* tragen; darunter werden ihre *Koordinaten, die Höhe über dem Meere* und die *Art des Untergrundes* angegeben.

Ferner sollen die benutzten Instrumente angegeben sein. Bei den Farb- und Russchreibern ist ihre Vergrösserung, ihre Eigenperiode ohne Dämpfung, ihr Dämpfungsverhältnis und ihre Reibung anzugeben. Für die direkt optisch registrierenden Seismometer ist die Angabe der drei zuerst aufgeführten Grössen zu empfehlen. Für die Seismometer nach Galitzin brauchen nähere Angaben nicht gemacht werden.

Das beiliegende Formular ist nach diesen Bestimmungen angelegt und gibt ferner die empfohlene Einteilung an.

**International vereinbarte Zeichen.**

P = erster Vorläufer;

S = zweiter Vorläufer;

L = lange Wellen;

$M_1 M_2 \dots$  = die aufeinander folgenden Momente der Maxima der Bodenbewegung, korrigiert wegen der Verspätung der Instrumente;

$C_1 C_2 \dots$  = die der Hauptphase folgenden sekundären Maxima; von diesen sind jedoch nur die Perioden und angenäherten Zeiten anzugeben;

F = Ende;

i = scharfes Auftreten einer Phase;

e = undeutliches Auftreten einer Phase;

} wird in extremen Fällen vor das Phasensymbol gesetzt, kann aber, falls die Natur der Phase undeutlich ist, als selbständiges Symbol verwendet werden.

T = Periode = Dauer einer Doppelschwingung in Sekunden;

$A_N$  = Amplitude der N-S-Komponente der wahren Bodenbewegung in  $\mu$  von der Ruhelage (+ nach N);

$A_E$  = Amplitude der E-W-Komponente der wahren Bodenbewegung in  $\mu$  von der Ruhelage (+ nach E);

$A_Z$  = Amplitude der Vertikal-Komponente der wahren Bodenbewegung in  $\mu$  von der Ruhelage (+ nach dem Zenit);  
 $\Delta$  = Epizentralentfernung in Kilometern;  
 Zeit = mittlere Greenwicher, von Mitternacht bis Mitternacht, gezählt von 0<sup>h</sup> bis 23<sup>h</sup>, Zeiten korrigiert;  
 $\mu$  = Mikron = 0,001 m/m;  
 ? = fraglich, wird hinter das betreffende Symbol gesetzt.

O. HECKER.

N<sup>o</sup>.

vom

bs

1912

# Strassburg i. E.

## Seismische Aufzeichnungen der Kaiserlichen Hauptstation für Erdbebenforschung

$\varphi = 48^\circ 35' 5''$

$\lambda = 7^\circ 45' 57''$

$h = 135$  m

Untergrund: Schotter.

Instrumente: Astatisches Pendelseismometer nach WIECHERT (Masse 1000 kg), Vertikalseismometer nach WIECHERT (Masse 1200 kg):

	$T_0$	$\epsilon$	$\frac{r}{T_0^2}$
$A_N$ :			
$A_E$ :			
$A_Z$ :			

Aperiodische Pendel mit galvanometrischer Registrierung nach GALITZIN.

Datum	Phase	Zeit	Periode	Amplitude			$\Delta$	Bemerkungen
				$A_N$	$A_E$	$A_Z$		

**Proposition de modification des articles premier, 2 et 7 du Règlement de la Commission permanente de l'Association internationale de sismologie.**

**Texte modifié.**

Article premier.

La Commission permanente se compose du Directeur du Bureau central et des délégués désignés conformément à l'article 11 de la Convention.

Le Comité de la Commission permanente est formé par le Président, le Vice-président et le Secrétaire général.

Art. 2.

La Commission permanente se réunit en session ordinaire à la même époque que l'Assemblée générale. Dans cette session la Commission permanente décidera si une seconde session ordinaire devra avoir lieu avant la prochaine réunion de l'Assemblée générale. Une session extraordinaire se tiendra lorsque la demande en aura été faite par deux tiers des membres de la Commission permanente.

Art. 3.

L'élection du Président a lieu dans la session ordinaire de la Commission permanente qui se tient à la même époque que l'Assemblée générale. Le Président entre dans ses fonctions... (comme dans l'Art. 2 actuel).

Supprimé.

**Texte en vigueur.**

Article premier.

La Commission permanente se compose du Directeur du Bureau central et des délégués des États membres de l'Association, à raison d'un délégué par État.

Art. 2.

Le Comité de la Commission permanente est formé par le Président, le Vice-président et le Secrétaire général.

Immédiatement avant chaque Assemblée générale, la Commission permanente se réunit et nomme son Président. Celui-ci entre dans ses fonctions...

Art. 3. Alin. 2.

Il convoque la Commission permanente en séance extraordinaire, lorsque la demande en est faite par deux tiers des délégués des États membres de l'Association.

Art. 7.

Supprimé.

La Commission permanente se réunit tous les deux ans en séance ordinaire.

Cette séance précède immédiatement l'Assemblée générale dans les années où, selon la Convention, se réunira l'Assemblée générale.

(Motion de M. A. SCHUSTER.)

Les représentants de la Russie proposeront la modification de l'article 7 du Règlement qui suit:

„Comme il n'y a pas de différence essentielle entre les séances de la Commission permanente d'un côté et de l'Association d'un autre, il est désirable au moins pour les premières années de convoquer toutes les deux en même temps chaque deux ans, afin de faciliter l'échange de vues et le rapprochement scientifique des sismologues de différents pays dans les débuts de cette nouvelle discipline scientifique.“

## États, membres de l'Association, composition de la Commission permanente et de son Comité.

La Commission permanente de l'Association internationale est composée des délégués des États comme suit :

Allemagne : M. E. WIECHERT (remplacé à Zermatt par M. HECKER), Göttingen.

Autriche : M. W. TRABERT : Vienne.

Belgique : M. G. LECOINTE, Uccle, vice-président élu (1912. IV—1915).

Bulgarie : M. SP. WATZOF, Sofia.

Canada : M. O. KLOTZ, Ottawa.

Chili : M. LE COMTE MONTESSUS DE BALLORE, Santiago.

Espagne : M. E. MIER Y MIURA, Madrid.

États-Unis de l'Amérique du Nord : M. H. F. REID, Baltimore.

France : M. A. ANGOT, Paris.

[M. G. BIGOURDAN (Délégué à Rome), Paris.]

[M. G. DARBOUX (Délégué à La Haye et à Zermatt), Paris.]

Grande-Bretagne : M. A. SCHUSTER, Président actuel (1908. IV—1912. III), Manchester.

Grèce : M. D. EGINITIS, Athènes.

Hongrie : M. R. DE KÖVESLIGETHY, Secrétaire général actuel.

Italie : M. L. PALAZZO, ancien vice-président (1905. X—1906. X), ancien président (1906. X—1908. III).

Japon : M. F. OMORI, Tokyo.

Mexique : M. J. AGUILÉRA, Mexico.

Norvège : M. C. FR. KOLDERUP, Bergen.

Pays-Bas : M. J. P. VAN DER STOK, ancien vice-président (1906. X—1907. IX), De Bilt.

Portugal : M. FR. A. CHAVES (remplacé à Zermatt par M. P. CHOFFAT), Ponta Delgada, S. Miguel, Açores.

Roumanie : M. ST. HEPITES, vice-président actuel (1909. IX—1912. III), Bucarest.

Russie : Le PRINCE B. GALITZINE, président élu (1912. IV—1915), délégué depuis le mars 1911, St.-Pétersbourg.

M. G. LEWITZKY, ancien délégué (dès le début jusqu'au mars 1911), Varsovie.

Serbie : M. J. MIHAILOVITCH, Belgrade.

Suisse : M. F. A. FOREL, ancien vice-président (1907. IX—1909. IX).

[L'État du Congo, membre de l'Association depuis le début, a été rayé, par suite du transfert, à la Belgique, des droits souverains de cet État.]

M. O. HECKER, directeur du Bureau central (depuis le 16 juillet 1910).

[M. G. GERLAND, ancien directeur du Bureau central (depuis le début jusqu'au 1<sup>er</sup> avril 1910)].

## Organisation der Erdbebenbeobachtungen im Deutschen Reiche.

In der Organisation der deutschen Erdbebenbeobachtungen ist nichts Wesentliches geändert worden. So kann ich mich im Anschluss an die früheren Mitteilungen auf kurze Bemerkungen beschränken.

Von den für Bayern schon früher geplanten Nebenstationen wird die in Nördlingen jetzt eingerichtet. Ausserdem ist in Hof aus privaten Mitteln eine kleine Station geschaffen worden.

Hessen hat eine Station in Jugenheim bei Darmstadt in Betrieb (Leiter PROF. ZEISSIG), die teilweise aus privaten Mitteln errichtet worden ist.

In Preussen ist die für Königsberg geplante Station nun so weit gefördert worden, dass sie unmittelbar vor der Aufnahme ihrer Arbeit steht. Für Frankfurt a. M. wird eine Station vorbereitet.

Die Kolonialstation Dar-es-salam ist betriebsfertig, für Neu-Guinea wird eine Station vorgesehen.

Angeregt vor allem durch die Erfolge von O. HECKER, beginnt die deutsche seismologische Forschung sich der Untersuchung der Deformationen der Erde unter der Einwirkung der Ebbe und Flut erzeugenden Kräfte zuzuwenden.

Zur Verbesserung der Zeitbestimmungen wird begonnen, die Funkentelegraphie nutzbar zu machen. Bisher haben die Stationen Jugenheim und Göttingen Empfangsstationen, mit welchen die Zeitsignale von Norddeich und vom Eiffelturm (Paris) aufgenommen werden. Bei den sehr guten Erfahrungen wird geplant, diesen funkentelegraphischen Dienst in Deutschland weiter auszudehnen.

E. WIECHERT.

## Bericht über den Erdbebendienst in Österreich.

Zu dem ausführlichen Bericht über die Organisation des seismischen Dienstes in Österreich, welcher in den Verhandlungen der III. internationalen seismologischen Assoziation in Zermatt 1909 als Beilage XVI 2. publiziert wurde, sind heute nur wenige Bemerkungen hinzuzufügen.

In der Liste der Erdbeben-Landesreferenten sind einige Änderungen eingetreten: Das Referat von Nieder-Österreich hat Herr Dr. H. VETTERS in Wien, das von Steiermark Herr Dr. R. HERITSCH in Graz, das von Kärnten Herr R. HUDITZ in Klagenfurt, das von der Bukowina Herr Prof. Dr. VIKTOR CONRAD übernommen.

Die Organisation des makroseismischen Dienstes ist unverändert geblieben. Die Zahl der Beobachter hat etwas zugenommen.

Die makroseismische Publikation, welche alljährlich unter dem Titel „*Allgemeiner Bericht und Chronik der im Jahre . . . in Österreich beobachteten Erdbeben*“ von der Zentralanstalt herausgegeben wird, wird heuer in einer etwas geänderten Form erscheinen. Diese Änderung bezweckt eine grössere Übersichtlichkeit des Berichtes.

Als erste mikroseismische Jahrespublikation sind im Jahre 1910 „*Seismische Registrierungen in Wien, k. k. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik im Jahre 1909*“ (Mitteilungen der Erdbebenkommission der kais. Akademie der Wissenschaften in Wien Nr. XXXIX) erschienen. Eine gleichnamige Publikation für das Jahr 1910 befindet sich im Drucke. Zum raschen Austausch der seismischen Daten dienen wie früher die „Wöchentlichen Erdbebenberichte“ der sieben österreichischen mikroseismischen Stationen, welche an ungefähr 60 Stationen und Institute versendet werden. Für diese Berichte wurde vom Jahre 1911 das Göttinger Schema allgemein eingeführt.

Was die instrumentelle Ausrüstung der österreichischen Stationen betrifft, so ist hauptsächlich die Aufstellung eines grossen Wiechert'schen Horizontalpendels in Triest und die Anschaffung einer astronomischen Normaluhr von Riefler für die Zentralanstalt in Wien zu erwähnen.

W. TRABERT.

## Observatoire royal de Belgique.

### Rapport sur le service sismologique belge en 1909—10 11.

Depuis 1909, la station sismologique d'Uccle a acquis une importance telle qu'à présent nous croyons pouvoir la classer parmi les stations sismologiques de premier ordre. En effet, elle est actuellement dotée des appareils très perfectionnés suivants: un pendule astatique de 1000 kilos du système du PROF. WIECHERT, un pendule vertical de 1300 kilos, également du système du PROF. DR. WIECHERT, enfin, deux pendules horizontaux apériodiques du système du PROF. PRINCE GALITZINE.

Le pendule astatique de 1000 kilos, qui a été fourni par BARTELS de Goettingue, a été installé au commencement de septembre 1909.

Le pendule vertical de 1300 kilos, qui a été construit par la firme Spindler et Hoyer de Goettingue, a été monté en août 1910.

Quant aux pendules horizontaux à amortissement magnétique et à enregistrement galvanométrique, le PRINCE GALITZINE s'est chargé lui même de les faire construire à St-Petersbourg, par M. H. MASING, mécanicien de l'Académie impériale des sciences; ces pendules ont été montés à Uccle, par M. WILP, assistant du Prince, en mars 1911.

La description des installations de ces divers appareils paraîtra dans le Tome V, fascicule II, des Annales de l'Observatoire royal de Belgique. — Nouvelle série, Physique du Globe.

Mentionnons enfin que la liste des observatoires magnétiques et des observatoires sismologiques, dressée par MM. SOMVILLE et MERLIN a paru et a été envoyée, à titre gracieux, à tous les établissements scientifiques de quelque importance.

G. LECOINTE.



## Organisation d'un réseau sismologique au Congo belge.

Messieurs,

Hier, Monsieur LECOINTE vous a dit que, à son avis (et il a d'ailleurs parfaitement raison), la Belgique n'a pas encore assez fait dans le domaine sismologique pour qu'elle puisse, en présence surtout des offres de la Russie, et de la science sismologique russe, représentée d'une manière si élevée par le PRINCE GALITZINE notamment, avoir la prétention et l'honneur de vous recevoir dans trois ans.

D'un autre côté M. FOREL a fait voter avant hier par l'Assemblée l'expression d'une requête diplomatique auprès des nations faisant partie de l'Association et qui n'ont pas encore réalisé d'une manière effective et suffisante ce que j'appellerai leurs devoirs sismologiques.

Je viens en ce moment, répondre précisément, modestement d'ailleurs, à ces deux desiderata en vous apportant la nouvelle de la très prochaine création d'un réseau sismologique au Congo belge.

Déjà immédiatement après la création de notre Association, j'avais remis au gouvernement de l'État Indépendant du Congo, dont j'avais été le délégué à Strasbourg, un projet d'organisation; mais je ne fus reçu qu'avec d'aimables et vagues promesses.

Les temps sont changés et l'État Indépendant du Congo est mort; paix à ses cendres. Le Congo est colonie belge et nous nous efforçons d'y introduire sous toutes ses formes scientifiques et autres, la civilisation moderne.

J'ai eu l'honneur de présenter et de discuter verbalement récemment avec notre Ministre des Colonies un projet d'organisation de stations sismologiques, qui a été accueilli de la manière la plus avantageuse. Nous pouvons ajouter que seule la question de budget en empêche l'exécution durant la présente année.

Grâce aux explorateurs belges et allemands, aux missionnaires également, nous possédons actuellement une connaissance générale et superficielle bien entendu, de l'état sismique dans l'étendue du bassin du Congo, qui forme la possession belge, ayant une surface égale à celle de l'Allemagne et de l'Autriche-Hongrie réunies. Des travaux récents de MM. les géologues CORNET et DIDERICH (ce dernier membre de notre Conseil Colonial) il résulte que toute la partie orientale du Congo, constituée par le grand „graben“ central africain du Tanganika au lac Albert, et la bande occidentale adjacente, doit être considérée comme sismique. Tout récemment un sisme très violent a produit de grands dégâts à Baudouinville et presque détruit la vaste église que les PP. Blancs y ont édifiée. Le Katanga au SE. forme également une aire sismique qui semble appartenir au „graben“ latéral de l'Upemba, si bien révélé par M. CORNET. Le reste du Congo et le vaste plateau où s'écoulent lentement les importants affluents de la rive gauche est asismique.

Cette constatation générale nous a engagé à demander la création de trois stations d'égale importance. Les deux orientales seraient situées sur les bords du „graben“ à Baudouinville et tout au nord, dans la province de l'Equateur, en face de la région du Ruwenzori. La troisième serait au contraire installée à Kisantu, station très importante que les PP. Jésuites ont établie presque à l'embouchure

du Kasai et au bord du plateau. Les trois stations forment à peu près un triangle équilatéral dessinant l'ensemble du territoire.

Dans une région neuve comme celle du Congo belge, l'installation de stations scientifiques de cet ordre, n'est pas chose facile, d'autant plus que si la station de Kisantu est relativement facilement accessible, grâce au chemins de fer du Congo, il n'en est pas de même des deux autres. Leur choix a été fixé, indépendamment des indications sismiques, par les facilités relatives qu'elles offrent pour l'installation; en ces trois stations, en effet, les PP. Jesuites ou les PP. Blancs ont depuis longtemps des établissements fixes consacrés à l'instruction des indigènes. Des hommes instruits et dévoués les dirigent et dès maintenant tout ce dévouement nous est acquis. Les instruments et le relevé des appareils leur seront confiés; les sismogrammes seront pour l'étude et la publication envoyés en Belgique et publiés sous notre direction. Telle est l'organisation projetée qui fera disparaître de la carte d'Afrique un large blanc sismique. Nous pensons que, eu égard à la distribution actuelle des stations sismologiques à la surface du globe, les résultats que pourront donner les stations congolaises, convenablement outillées, pourront être très conséquents, spécialement au point de vue de la propagation des ondes secondaires de réflexion. Il est inutile, je pense, que j'insiste sur ce sujet.

Le fait important, que l'Association apprendra, je l'espère, avec plaisir, est que la création du réseau sismologique congolais peut être, dans un avenir très prochain, considérée comme assurée, et je tiens en terminant à relever et à affirmer l'accueil si spontané et d'une si haute compréhension des intérêts de la science que nous a fait à ce sujet notre premier Ministre des Colonies.

E. LAGRANGE,  
délégué du Ministère belge des Colonies  
et de la Société belge de Géologie.

## Rapport sur l'activité du Service sismologique en Bulgarie.

Pendant toute la période de temps écoulée depuis la réunion de Zermatt le sismographe de Sofia a fonctionné très régulièrement. Les sismes enregistrés sont l'objet du „Bulletin sismographique de l'Institut météorologique central de Bulgarie“. Le numéro 6 de ce Bulletin contient les enregistrements du 1 janvier au 31 décembre 1909 et le Bulletin pour l'année 1910 paraîtra prochainement.

Le dixième volume de la publication „Les tremblements de terre en Bulgarie“ contient tous les macrosismes constatés dans le pays pendant l'année 1909, ainsi que toutes les secousses signalées par les sismoscopes Agamennone à Sofia, Rilski-monastir, Petrohan, Silistrie, Anhialo et Kazanlyk (Voir Comptes-rendus des séances de la réunion de Zermatt, p. 94.).

Il mérite d'être noté ici le fait curieux que les sismoscopes de Sofia et Kazanlyk ont signalé une secousse presque en même temps que le sismographe de Sofia a enregistré, le 15 juin 1911, le commencement du tremblement de terre dont l'épicentre selon M. ZEISSIG doit être à une distance de 300 km. à l'ouest de Chang-Haï. Ce jour-là aucun tremblement de terre ne s'est pas fait sentir en Bulgarie.

SPAS WATZOF,  
Directeur de l'Institut météorologique  
central de Bulgarie.

### Seismological Service in Canada.

The Seismological Service in Canada is almost in the same condition as given in my last report. At the Dominion Astronomical Observatory at Ottawa there is the Bosch photographic 200 gr. seismograph, while at the meteorological stations at Toronto and Victoria on the Pacific coast are Milne instruments of the old type.

Within the general scheme inaugurated recently by the Jesuit Fathers for the distribution of earthquake stations in America, is included St. Boniface, Manitoba, situate about midway across the continent, and here is installed, like at all other Jesuit stations, a Wiechert 80 kg. horizontal pendulum.

It is expected that Toronto and Victoria will soon be supplied with more modern instruments as the present ones do not furnish the accuracy now demanded in seismological investigations.

Ottawa and St. Boniface issue monthly bulletins identical in their nomenclature and form, while Toronto and Victoria make semi-annual reports to the Seismological Committee of the British Association.

Two stations particularly are much needed in Canada, one in the extreme east, and the other in the extreme northwest on the Yukon, say at Dawson, distant from the former in an air-line some 5000 km. The greatest difficulty encountered is not so much the initial cost of installation, but the subsequent attendance by a suitably qualified official there the year round.

It is to be hoped that when the next report is made these stations will be established.

Otto Klotz.

### Rapport du délégué de l'Espagne.

Dans mon rapport publié dans les Comptes-rendus de la troisième séance de notre Commission permanente j'ai exposé l'organisation du service sismologique en Espagne.

Les changements survenus dans cette organisation, depuis 1909, sont les suivants :

a) Installation à l'Observatoire de S. Fernando d'un nouveau pendule horizontal, construit dans cet établissement.

b) Installation d'un sismographe Bosch, de 25 kg, à deux composantes, à l'Observatoire Météorologique Central de Madrid.

c) Construction d'un observatoire sismologique et météorologique à Almeria, aux frais de cette ville, dans laquelle ont été installés un sismographe Bosch, de 25 kg, à deux composantes et un microsismographe Vicentini.

EDUARDO MIER.

### **Seismological observations in the United States.**

The Seismological Society of America, which was organized after the great earthquake in California in 1906 but which has heretofore been rather inactive, has begun the publication of a quarterly bulletin of which two numbers have so far appeared. It is expected that this will stimulate seismological work in America.

The efforts to induce Congress to establish a Seismological Laboratory under the Smithsonian Institution, of Washington, which have heretofore been unsuccessful, will be continued.

HARRY FIELDING REID.

## France.

### État actuel du service sismologique.

La station centrale établie à l'observatoire du Parc-Saint-Maur, près Paris, possède en fonctionnement régulier, un pendule astatique Wiechert (masse de 1000 kilogrammes) et un double pendule horizontal Bosch-Mainka (masses de 400 kilogrammes). L'état de la pendule qui commande les sismographes est déterminé chaque jour au moyen des signaux horaires émis par la tour Eiffel. On peut donc compter sur l'exactitude des heures à moins d'une seconde.

Vers la fin de la présente année, la station espère posséder en outre un sismographe Galitzine complet (deux composantes horizontales et composante verticale).

Les stations secondaires actuellement en fonctionnement régulier sont les suivantes :

<i>Alger</i> (observatoire)	} double pendule horizontal Bosch-Mainka (masses de 130 kilogrammes).
<i>Besançon</i> (observatoire)	
<i>Marseille</i> (observatoire)	
<i>Puy-de-Dôme</i> (observatoire)	

Des sismoscopes sont en service à Bagnères de Bigorre (Hautes-Pyrénées).

Deux autres stations sont projetées à *Toulouse* (observatoire) et à *Lille* (université).

Enfin le sismographe à pendule astatique Wiechert (masse de 200 kilogrammes) qui a été employé quelque temps au Parc-Saint-Maur avant la réception des instruments actuels, sera envoyé à l'observatoire de *Perpignan*. Il y a tout lieu d'espérer qu'il y fonctionnera avant le 1<sup>er</sup> janvier 1912.

Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1910 le Bulletin mensuel du Bureau central météorologique contient en supplément un bulletin sismologique. On y trouve 1° un journal sismologique, c'est-à-dire l'indication pour tous les jours, du degré d'agitation des courbes. 2° L'analyse détaillée des sismogrammes du Parc-Saint-Maur et l'analyse succincte de ceux des observatoires d'Alger, Besançon, Marseille et Puy-de-Dôme. 3° Les observations macrosismiques qui ont été recueillies pendant le mois en France, en Algérie et dans les colonies françaises.

A. ANGOT.

M. A. LEBBEUF présente une note complémentaire sur la station sismologique de l'Observatoire de Besançon, rédigée par M. R. GOUDEY, assistant. Cette note, avec dessins et figures sera publiée par les soins de la Société météorologique de France. Elle renferme la description de l'appareil MAINKA—BOSCH avec la détermination des constantes.

## Rapport sur l'Instrument de l'Association Internationale de Sismologie établi à l'Observatoire de Ksara (Liban) Syrie.

Messieurs,

Il m'a semblé que j'avais à vous entretenir brièvement au sujet de l'instrument que votre association m'a prêté pour quatre ans, sur l'initiative de M. BIGOURDAN et la proposition de M. SCHUSTER. Cette décision a été prise dans la séance du 25 septembre 1907 à la Haye. Près de deux ans après, le 21 juin 1909, je fus avisé par M. le PROF. RUDOLPH de Strasbourg, que l'instrument était prêt à être envoyé. Celui-ci, arrivé à Beyrouth le 27 septembre 1909 parvint à Ksara le 18 octobre. Ksara, où se trouve l'Observatoire que je dirige, est, en effet, à 40 kilomètres de Beyrouth à vol d'oiseau, de l'autre côté du Liban et sur les derniers mamelons de cette chaîne.

J'avais d'abord espéré trouver un emplacement propice sans effectuer de nouvelles constructions; je m'étais trompé. Dès lors, je dus chercher un local provisoire. Cette recherche, les travaux d'orientation, l'établissement d'un lit de béton et le repos nécessaire à ce béton avant qu'il pût supporter l'instrument prirent longtemps, d'autant plus que d'autres et nombreuses occupations absorbèrent mes loisirs.

Le 21 décembre commença le montage proprement dit du sismographe. Le Père COMBIER et moi nous fûmes obligés de procéder lentement, l'instrument étant nouveau pour nous. Cependant, grâce aux excellents plans et aux indications précises de M. le DOCTEUR MAINKA (qu'il me soit permis de le remercier ici de sa bienveillance) nous ne rencontrâmes pas de vraies difficultés. Les quelques pièces faussées pendant le voyage furent rectifiées et quatre ressorts des amortisseurs étant brisés furent aussi remplacés. Le 29 décembre on put mettre un premier papier fumé à la composante NS. Dès le lendemain nous commençons à constater que le mouvement d'horlogerie laissait à désirer. Le 4 janvier 1910 la composante EW était debout et le 6 nous obtenions un bon diagramme d'un faible tremblement de terre d'épicentre situé à quelques centaines de kilomètres de Ksara.

Sur ces entrefaites, je dus quitter Ksara pendant quatre mois. Alors, la déplorable marche du mouvement d'horlogerie causa une série d'ennuis à mon collaborateur, sans qu'il put y remédier malgré sa grande habileté. Néanmoins, après avoir été obligés de substituer un simple réveille-matin pour conduire l'une des composantes, nous pûmes encore obtenir un très bon diagramme du tremblement de terre local, nettement ressenti le 10 juillet 1910 à Ksara et dans tout le pays voisin.

Après bien des hésitations et des essais, j'envoyais le mouvement d'horlogerie à un horloger de Lyon, car, dans le pays il ne fallait pas songer à trouver un homme capable. Le réveille-matin ayant faibli à son tour, l'usage du sismographe fut suspendu.

D'ailleurs je m'occupais alors de construire un local définitif. En effet, mon premier souci, en rentrant de voyage fut de dresser les plans d'un nouveau bâtiment et de les faire exécuter, chose fort laborieuse dans le pays que j'habite. Le maçon se mit à l'oeuvre le 18 juillet, et le 21 décembre les travaux intérieurs étaient assez avancés pour que j'aie pu monter complètement les deux composantes, mais le mouvement d'horlogerie était toujours absent.



Pour comble de malheur, les tempêtes de neige coupèrent les communications entre Beyrouth et Ksara pendant 40 jours, période qui finit le 5 mars 1911. Le 11 du même mois le mouvement d'horlogerie arrivait, était placé et depuis a toujours bien fonctionné.

L'inscription de l'heure sur les diagrammes exigeait l'établissement de communications électriques qui furent achevées le 18 mars. Divers incidents retardèrent l'usage régulier de l'instrument, et à l'heure actuelle la composante EW laisse encore à désirer, mais depuis le 16 avril la composante NS fonctionne régulièrement et bien, et à partir de cette date j'ai pu rédiger un bulletin sismique où sont notés les résultats de la lecture des diagrammes.

J'ajouterai que la détermination de l'heure peut se faire sur les sismogrammes à Ksara avec toute l'exactitude désirable. Une pendule principale à balancier invar battant la seconde et dont la marche est très régulière est réglée sur le temps moyen. Sa correction est déterminée par l'observation des passages méridiens de plusieurs étoiles chaque fois, et d'ordinaire, cette correction peut être regardée comme certaine à 0.1<sup>s</sup> près.

La pendule principale à chaque seconde commande électriquement une pendule secondaire et celle-ci chaque minute ferme un courant qui soulève l'aiguille du sismographe. Si l'instant précis où l'aiguille se lève est déterminée exactement par rapport à l'heure indiquée par la pendule principale, il est évident que la connaissance précise de l'heure sera assurée sur les sismogrammes ; or, cela est aisé grâce au téléphone qui permet de communiquer de la pendule principale à la pendule secondaire et de comparer leurs battements.

La construction nouvelle est partout fondée directement sur le rocher.

Les murs de la salle de sismologie sont solides et épais ; on a scellé dans les murs par avance des poutres de fer, double T, prêtes à recevoir les suspensions d'autres instruments. La salle est formée de deux parties placées à angle droit. L'une de 8 m × 4 m et l'autre de 4 m × 3 m, mais l'angle extérieur est tronqué.

Le sismographe MAINKA occupe précisément le raccord des deux bras de la salle. Les composantes sont orientées NS et EW. Le tout repose sur un solide béton adhérent partout au rocher. La hauteur du béton est de 50 cm en moyenne. Un espace vide court en forme de fente, tout autour de ce pilier et réalise un isolement du sol environnant assez parfait pour que l'on puisse marcher dans la salle sans causer la moindre perturbation à l'appareil.

Comme vous le voyez, Messieurs, j'ai cherché à répondre de mon mieux, à la confiance que votre réunion de la Haye a bien voulu me témoigner. J'ai désiré établir dans les meilleures conditions l'instrument prêté pour quatre ans et à cet effet, je me suis décidé à faire exécuter une construction considérable. La publication du bulletin sismologique continuera régulièrement tout qu'aucun accident ne viendra entraver la marche de l'instrument. Plaise à Dieu que ces documents rendent quelques services aux sismologues.

Si j'ai fait des efforts si grands et au prix de grosses dépenses, c'est que je voulais répondre à votre confiance, c'est aussi que j'étais persuadé que cette confiance me serait continuée et prorogerait le prêt du sismographe consenti pour 4 ans, au delà des deux années qui restent encore à couler.

B. BERLOTY S. J.  
Directeur de l'Observatoire de Ksara.

## Report on the Seismological Activity in Great Britain.

During the last two years a magnetical and meteorological observatory has been established under the direction of the Meteorological Office, London, at Eskdalemuir, Dumfries-shire. A Committee of the Royal Society advises on the geophysical work undertaken at the observatory, which now also includes seismological observations. Regular records are obtained with a Milne instrument and also with a Galitzin horizontal pendulum (two components). To these a Galitzin vertical instrument has now been added. An abstract of the results is published in the Geophysical Journal of the Meteorological Office.

The long established organisation of the British Association, which includes many stations outside the British Empire, continues its activity and the reports of the Committee drawn up by its Secretary, PROFESSOR J. MILNE, directing the work, are published in the Annual Reports of the British Association. The last one, presented in September 1911 to the meeting at Portsmouth, contains many matters of interest arranged under the following headings:

1. General Notes (Registers, Visitors, Exhibition, New Stations, Colonial Office).
2. Double or Multiple Earthquakes.
3. Relationship between Amplitude and Distance.
4. Seismic Activity in Japan, Italy and America.
5. Synchronism of Seismic Activity in Different Districts.
6. Megaseismic Frequency.
7. Tidal-Load Observations at Ryde and Bidston.
8. Tidal-Load Experiments in Pennsylvania Railway Tunnels.
9. Experiments in Pits in the Midlands.
10. List of Strong Shocks in the United States.
11. Destructive Earthquakes in Peru and North Chili.
12. Unpublished Notes Relating to Destructive Earthquakes.
13. Seismic Activity, 1899—1903 inclusive.
14. Sensibility of Seismographs recording on Smoked Surfaces.

ARTHUR SCHUSTER.

## Rapport sur le service sismologique en Grèce pendant les années 1909—1911.

La Section géodynamique de l'Observatoire d'Athènes, qui avait jusqu'ici un seul sismographe, système *Agamennone*, fut enrichi, l'année dernière, d'un nouvel instrument sismographique, système *Mainka*, à deux pendules avec masses mobiles, de 136 kg chacune, construit par la maison BOSCH de Strasbourg. Ce sismographe, installé à l'Observatoire d'Athènes, au mois de novembre 1910, fonctionne très bien et nous a donné de très bons résultats. Nous profitons de cette occasion aussi pour exprimer à M. le DR. MAINKA nos remerciements, pour avoir bien voulu se charger de surveiller la construction de ce bel instrument et nous donner tous les renseignements nécessaires pour son fonctionnement.

Le sismographe *Agamennone* d'Athènes a fonctionné très régulièrement aussi, pendant toute cette période de temps. Nos trois autres sismographes de ce système, installés dans nos Stations d'*Egion*, *Calamate* et *Zante* ont subi des interruptions plus ou moins longues; celui d'*Egion* n'en a présenté qu'une seule, pendant quelques jours, au mois de mars 1910, tandis que celui de *Zante*, au contraire, par suite d'un accident, n'a fonctionné que très peu durant cet intervalle de temps.

Le service géodynamique de notre Observatoire a préparé et publié dans le V<sup>e</sup> volume de nos *Annales* les observations sismologiques, faites en Grèce pendant les années 1904—1908; elles ont été cataloguées dans deux catalogues séparés, l'un *macrosismique* et l'autre *microsismique*. Dans ce même volume nous avons publié une étude de ces sismes.

Depuis le 1<sup>er</sup> juillet 1909 jusqu'au 30 juin 1911, on a fait en Grèce 430 observations sismologiques; ces observations, dont 190 sont *sismographiques*, sont classées comme il suit:

Pendant le 2 <sup>e</sup> semestre de 1909 . . . . .	91	dont 12	sismographiques
Pendant toute l'année 1910 . . . . .	142	" 53	"
Pendant le 1 <sup>er</sup> semestre de 1911 . . . . .	197	" 125	"

Parmi ces tremblements de terre il y a eu quelques-uns assez forts et qui ont produit des dégâts importants dans certaines localités de la Grèce; ainsi ceux de *Hélie* du 26 décembre 1910 (*Lehena*) et du 6 janvier 1911 (*Vartholomion*) ont crevassé et fait écrouler plusieurs maisons de ces deux villages.

Athènes, le 4 octobre 1911.

D. EGINITIS,  
Directeur de l'Observatoire d'Athènes.

## Rapport sur le service sismologique en Hongrie.

Une modification importante, apportée au service sismologique consiste en ce que le service macrosismique a passé, de l'Institut royal de météorologie et de magnétisme terrestre, aux attributions de l'Observatoire sismologique de l'Université de Budapest. La concentration du service entier aura, comme je l'espère, des conséquences heureuses, d'autant plus que nous avons pu conserver, comme collaborateur, M. RÉTHLY, dont la compétence en cette matière est bien connue.

L'étude géographique de la grande plaine de la Hongrie a fait naître trois nouvelles stations sismologiques, celles de Kolozsvár, Szeged et Ungvár. Les deux premières, installées respectivement dans l'Institut géographique de l'Université et au lycée piariste, sont munies de pendules type Mainka, la troisième est outillée des anciens pendules type Bosch de l'observatoire d'Ó-Gyalla y remplacés par des appareils modèle Mainka, et abritée au lycée royal catholique. Tout les trois sismographes sont à enregistrement mécanique, et les inscriptions relevées sont envoyés à l'Observatoire de Budapest.

Le tremblement de terre de Kecskemét du 8 juillet 1911 qui a fort dommagé une ville riche et florissante, et dont la carte sismologique est expressivement d'accord avec les relevés gravimétriques du BARON EÖTVÖS, nous a mieux appris le mode d'observation macrosismique.

Le 29 octobre 1911 nous réservait une nouvelle surprise. Aux environs du puits de méthane de Kissármás, comitat Kolozs, une forte éruption, précédée de trois légers tremblements de terre s'est produite. Le ministre des finances a invité l'Observatoire sismologique de Budapest à déterminer les causes de l'éruption. Des études sismologiques, tectoniques et physiques faites sur place par MM. STRÖMPL et WODETZKY, assistants du service sismologique, s'ensuit que la cause en a dû être d'ordre purement tectonique.

Comme la collaboration de l'observatoire dans ce bassin néogène d'une grande importance économique et du plus haut intérêt géophysique est demandée même pour l'avenir, on a commandé une installation portative d'appareils sismologiques à trois composantes qui devront fonctionner tour à tour sur les lieux exploités.

Je termine mon rapport en remerciant chaleureusement mes collaborateurs de province, le R. P. FÉNYI S. J. (Kalocsa), M<sup>lle</sup> O. DE BEREZ (Temesvár), MM. DE CHOLNOKY (Kolozsvár), GULOVICS (Ungvár), HOGYOR (Szeged), SCHICHT (Fiume) et SZABÓ (Ó-Gyalla).

R. DE KÖVESLIGETHY.

## Rapport sur la situation de l'organisation du service sismologique en Italie.

Par

L. PALAZZO.

Dans le volume des *Comptes-Rendus de la première réunion de la Commission permanente* de notre Association convoquée à Rome en octobre 1906, on a publié un rapport de M. AGAMENNONE, qui exposait l'histoire et tout le plan de l'organisation du service sismologique en Italie (Annexe XIII, pag. 143—147). Un peu plus tard, M. AGAMENNONE fit aussi paraître son article dans le volume XIII (1908—09, pag. 41—74) du *Bollettino della Società Sismologica Italiana*, en y ajoutant la liste des observatoires sismologiques italiens existant au 1<sup>er</sup> janvier 1909 : un total de 34, ne considérant comme observatoires sismologiques, que les stations où sont entretenus en fonction des sismographes à enregistrement continu, capables d'indiquer aussi les séismes survenus hors de l'Italie, tandis qu'on négligea dans le nombre toutes les autres stations d'ordre inférieur, d'ailleurs assez nombreuses en Italie, dans lesquelles on a des simples sismoscopes, ou des enregistreurs occasionnels des séismes locaux ou voisins.

Puisque cette publication, reflétant la situation du réseau des observatoires sismologiques italiens au commencement du 1909, a paru dans un organe bien connu, tel que le *Bollettino della Società Sismologica Italiana*, qui est répandu même parmi les sismologistes étrangers, et d'autre part, puisque les modifications qui sont survenues depuis ce temps-là dans notre service, sont très peu nombreuses et de moindre importance, il n'y a pas lieu, pensons-nous, d'exposer encore une fois, devant notre Conférence actuelle de Manchester, l'organisation de notre service. Quiconque a le désir de la connaître, pourra en tout cas consulter les deux publications ci-dessus mentionnées et facilement abordables.<sup>1</sup>

Toutefois, voulant m'acquitter de la tâche de rendre compte, dans la Conférence actuelle, de notre service tel qu'il est en ce moment (juillet 1911), il me suffira de donner ici la liste des variations à apporter au précédent catalogue des observatoires sismologiques italiens, déjà rédigé par M. AGAMENNONE, afin de le mettre à jour.

Voici les changements survenus :

**Benevento.** — Depuis les premiers mois du 1911 a commencé à fonctionner le *sismographe Agamennone* à pendules horizontaux ( $k = 50$ ;  $P = 8_s$ ;  $I = 47$ ;  $V = 160$  cm).

**Caggiano.** — A la suite de la mort de l'observateur M. ATTARD, pas encore remplacé, le service sismologique est maintenant suspendu.

**Florence** (Observatoire du Musée). — Le service sismologique est à présent interrompu ; mais sous la direction active de M. le PROFESSEUR LO SURDO, récemment nommé, il sera d'ici peu repris avec nouvelle vigueur, et amélioré par l'installation d'instruments plus puissants et plus sensibles.

**Messine.** — Depuis le tremblement de terre du 28 décembre 1908, le service est réduit, en attendant la reconstruction du bâtiment de l'Observatoire ; il n'y a maintenant en fonction que le *microsismographe Vicentini*.

<sup>1</sup> A voir aussi : le Rapport de M. AGAMENNONE dans le journal „*Die Erdbebenwarte*“, No. 1 et 4 (Laibach, 1902) ; et la monographie historique „*Meteorologia e Geodinamica (Cinquant' anni di storia italiana, 1860—1910)*“ de M. PALAZZO, publiée par la R. Académie des „Lincei“.

**Milan.** — Le *sismométrographe Agamennone* à deux composantes a commencé à fonctionner régulièrement depuis le mois de juin 1909 (kg 200;  $P=5\cdot2^s$ ;  $I=10-12$ ;  $V=60$  cm).

**Mileto.** — Grâce à la libéralité de Monseigneur MORABITO, l'Observatoire du Séminaire a été enrichi de deux nouveaux instruments, savoir:

Un *microsismographe Vicentini* à trois composantes, deux horizontales (kg. 92;  $P=2\cdot4^s$ ;  $I=101$ ;  $V=60$  cm.) et une verticale (kg 51;  $P=0\cdot98^s$ ;  $I=109$ ,  $V=60$  cm).

Un *macrosismométrographe Agamennone* à trois composantes (kg 1;  $P=6-8^s$ ; kg  $v$  1·3;  $P_v=2^s$ ).

**Portici.** — Depuis quelque temps l'Observatoire sismologique ne donne plus signe d'activité.

**Reggio Calabria.** — Après la catastrophe sismique du 28 décembre 1908, qui endommagea l'observatoire, celui-ci n'a pas encore pu reprendre les observations.

**Rocca di Papa.** — Dans l'année prochaine commencera à fonctionner un nouvel instrument sismique appelé *microsismométrographe universel* par son inventeur M. AGAMENNONE, et il sera installé au centre du pilier sismique. L'appareil se compose de deux pendules renversés qui, oscillant en deux directions perpendiculaires entre elles, donneront les deux composantes horizontales, et d'une masse suspendue par le système Ewing qui donnera la composante verticale. Pour le moment, chaque masse aura le poids de presque 250 kg; ensuite elle sera portée à une tonne. A l'occasion de toute secousse, pour laquelle fonctionnent des sismoscopes spéciaux, les deux bandes de papier, noircies à la fumée et qui reçoivent l'enregistrement, augmentent considérablement leur vitesse. Lorsque cet instrument nouveau commencera à fonctionner régulièrement, les deux *pendules horizontaux „Cancani“* seront démontés.

**Vésuve.** — A la suite de la mort prématurée du regretté DIRECTEUR M. MATTEUCCI, les installations d'appareils sismologiques qui étaient en projet, furent laissées à l'abandon; mais le nouveau directeur, tout récemment nommé, M. le PROFESSEUR MERCALLI, saura bientôt remettre l'observatoire en ordre et inaugurer une nouvelle période de fructueuse activité.

Quelques observatoires nouveaux sont surgis, savoir:

**Montecassino.** — L'observatoire météorologique et géodynamique est annexe à la renommée Abbaye dans la Campanie, province de Caserta ( $\varphi=41^{\circ}29'4''$ ;  $\lambda=13^{\circ}48'9''$  E. Greenw.;  $h=530$  m); le Directeur en est M. B. PAOLONI. Ses instruments sont:

Un *sismométrographe Cancani* à enregistrement rapide et continu (kg 300;  $P=4^s$ ;  $I=30$ ;  $V=360$  cm).

Un *sismographe Agamennone* à pendules horizontaux (kg 50;  $P=6-8^s$ ;  $I=25$ ;  $V=170$  cm) fournit aussi la composante verticale (kg 20;  $P=3-4^s$ ;  $I=50$ ;  $V=170$  cm).

Le premier instrument commença à fonctionner, quoique peu régulièrement, en août 1909; l'autre va fonctionner dès à présent.

L'observatoire possède aussi le *sismoscope électrique Agamennone* à double effet et divers autres avertisseurs séismiques très sensibles.

L'heure a été réglée sur le télégraphe jusqu'au printemps 1911. Ensuite on a construit une bonne méridienne solaire ayant le puits à la hauteur de 3 mètres au-dessus du plancher de la salle.

**Capannoli.** — Observatoire géodynamique, dans la province de Pise, dirigé par son fondateur et propriétaire M. D. BALDINI ( $\varphi=43^{\circ}34'7''$ ;  $\lambda=10^{\circ}41'$ ;  $h=65$  m). Il possède:

Un *microsismographe* type VICENTINI, modifié par M. BALDINI (kg 114;  $P=3^s$ ;  $I=30$ ;  $V=1\cdot5$  cm).

M. BALDINI a l'intention d'y apporter bientôt d'autres modifications.

**Chiavari.** — Observatoire météorologique-sismologique dans la province de Gênes, dirigé par M. le CHANOINE A. BIANCHI ( $\varphi=44^{\circ}18'9''$ ;  $\lambda=9^{\circ}19'5''$ ;  $h=20$  m); il possède:

Un *microsismographe Stiattesi* à pendules horizontaux (kg 260;  $P=8-10^s$ ;  $I=25$ ;  $V=180$  cm).

Un *sismographe Agamennone* à pendules horizontaux (kg 50;  $P=5-6^s$ ;  $I=30$ ;  $V=150$  cm).

Un *sismographe à pendule vertical* (kg 600;  $P=2\cdot8^s$ ;  $I=30$ ;  $V=100$  cm).

Un *sismographe Bianchi* à pendules horizontaux (kg 35;  $P=3-4^s$ ;  $I=20$ ;  $V=100$  cm).

Un *sismographe pour secousses sussultaires* (kg 10;  $Pv=2.1^s$ ;  $Iv=20$ ;  $Vv=0.5$  cm).

Un *sismoscope enregistreur Vicentini* (kg 10).

L'heure est donnée par un bon chronomètre de marine qui est réglé, de temps en temps, à Gênes sur le signal de midi.

**Massa Marittima.** — Observatoire météorologique-sismologique en Toscane, province de Grosseto, dont le propriétaire et directeur est M. L. G. MORIS ( $\varphi=43^{\circ} 3'$ ;  $\lambda=10^{\circ} 53'$  E. Greenw.;  $h=362$  m); il est pourvu de:

Un *sismographe Agamennone-Moris* à pendules horizontaux (kg 110;  $P=16^s$ ;  $I=70$ ;  $V=160$  cm).

Il possède aussi un *sismoscope électrique Agamennone* à double effet.

Le temps est réglé au moyen d'une méridienne solaire.

**Rome.** — On entretenait jadis, dans un souterrain du Bureau Central de Météorologie et Géodynamique, quelques sismographes, qui furent ensuite démontés pour leur donner un meilleur emplacement dans l'Observatoire de Rocca di Papa, qui est en effet l'observatoire sismologique du Bureau de Rome. Mais, après cela, on a reconnu l'utilité d'avoir, à Rome même, au moins un sismographe, dans le but d'obtenir un contrôle immédiat, à l'occasion de séismes locaux ou voisins. C'est pourquoi on a installé depuis le 24 août 1909, au rez-de-chaussée du bâtiment du Bureau (Palais du Collegio Romano:  $\varphi=41^{\circ} 53' 9''$ ;  $\lambda=12^{\circ} 28' 9''$  E. Greenw.;  $h=19$  m):

Un *sismographe Agamennone* à pendules horizontaux (kg 50;  $P=8^s$ ;  $I=30$ ;  $V=165$  cm).

L'instrument, en action sous la haute surveillance de son inventeur, s'est révélé d'une sensibilité extrême, et quoique d'une puissance modérée, il enregistre aussi la plus grande part des télé-séismes qui arrivent jusqu'à l'Italie. Au cours de 1910 il a fourni presque 150 seismogrammes.

En résumant, aujourd'hui (juillet 1911) les observatoires sismologiques en Italie, qui peuvent intéresser les recherches sismologiques internationales, en ce sens qu'ils possèdent des appareils capables d'enregistrer aussi les tremblements de terre extra-italiens, sont au total de 34, repartis parmi les diverses régions italiennes ainsi qu'il suit:

### Observatoires sismologiques italiens en fonction en juillet 1911.

#### *Italie Septentrionale.*

Piémont . . .	{ Domodossola . . . . . Moncalieri . . . . . }	Nombre 2.
Lombardie . . .	{ Milan . . . . . Pavie . . . . . Salò . . . . . }	Nombre 3.
Venise . . .	{ Padue . . . . . Venise . . . . . Vérone . . . . . }	Nombre 3.
Ligurie . . .	{ Chiavari . . . . . Gênes . . . . . Porto Maurizio . . . . . }	Nombre 3.
Emilie . . .	S. Luca (Bologne) . . . . .	Nombre 1.
	<b>Total . . .</b>	<b>Nombre 12.</b>

*Italie Centrale.*

	Florence (Collège à la Querce) . . . . . " (Ximénien) . . . . . Quarto Castello (Flór.) . . . . . Massa Marittima . . . . . Sienne (Université) . . . . . " (Osservanza) . . . . . Capannoli . . . . .	} Nombre 7.
Marche . . .	Urbino . . . . .	Nombre 1.
Latium . . .	Rocca di Papa . . . . . Rome (C. R.) . . . . .	} Nombre 2.
Total . . .		Nombre 10.

*Italie Méridionale.*

	Casamicciola . . . . . Porto d'Ischia . . . . . Montecassino . . . . . Valle di Pompei . . . . .	} Nombre 4.
Bénéventain .	Bénévent . . . . .	Nombre 1.
Pouille . . .	Foggia . . . . . Tarente . . . . .	} Nombre 2.
Calabre . . .	Mileto . . . . .	Nombre 1.
Total . . .		Nombre 8.

*Sicile et Sardaigne.*

	Catane . . . . . Messine . . . . . Mineo . . . . .	} Nombre 3.
Sardaigne . .	Carloforte (Ile S. Pietro) . . . . .	Nombre 1.
Total . . .		Nombre 4.

La section sismologique de notre Bureau Central de Météorologie et Géodynamique, chargée de diriger le service d'informations sur les tremblements de terre, de recueillir ces informations et de les élaborer pour la publication dans le Bulletin „*Notizie sui terremoti osservati in Italia*“, a pour chef M. le Docteur G. MARTINELLI. Dans l'année courante la section susdite fera paraître le volume des notices sismiques se référant à l'an 1908.

Je dois encore faire noter que, en plus de notre publication officielle, quelques observatoires privés publient aussi de petits bulletins hebdomadaires, ou décadiques, ou mensuels (lithographiés ou imprimés), pour donner un renseignement court, mais plus immédiat, sur les secousses enregistrées par leurs instruments. Je vais dresser ci-après la liste de ces bulletins particuliers:

*Capannoli*: Bollettino Sismologico dell' Osservatorio „Baldini“ in Capannoli (Pisa) [mensuel, lithographié].

*Catania*: Bollettino Sismologico del R. Osservatorio di Catania ed Etneo [mens., lith.].

*Firenze*: Bollettino Sismologico dell' Osservatorio Ximeniano dei PP. Scolopi in Firenze [mens., lith.].



*Mileto*: Bollettino Sismologico dell' Osservatorio „Morabito“ nel Seminario di Mileto (Calabria) [mens., lith.].

*Mineo*: Bollettino mensile delle osservazioni dell' Osservatorio Meteorico-Geodinamico „Guzzanti“ in Mineo [mens., imprimé].

*Moncalieri*: Bollettino Meteorologico e Geodinamico dell' Osservatorio del R. Collegio CARLO ALBERTO in Moncalieri [mens., impr.].

*Montecassino*: Bollettino decadico dell' Osservatorio Meteorico-Geodinamico di Montecassino [décad., impr.].

*Padova*: Cenno settimanale sulle registrazioni fornite dai Microsismografi Vicentini dell' Istituto di Fisica della R. Università di Padova [hebdom., lith.].

*Idem*: Bollettino mensile delle registrazioni dei Microsismografi dell' Istituto di Fisica della R. Università di Padova [mens., impr.].

*Siena*: Bollettino sismografico dell' Osservatorio „Maccioni“. Osservanza (Siena). [mens. impr.].

*Valle di Pompei*: Bollettino meteorico-geodinamico dell' Osservatorio Pio X in Valle di Pompei (Napoli) [mens., impr.].

*Venezia* = Bollettino mensile dell' Osservatorio Meteorologico-geodinamico del Seminario Patriarcale di Venezia [mens., impr.].

## Sur la triangulation séismique proposée en Italie.

Dans notre réunion à Zermatt, j'avais exposé un projet de triangulation séismique à réaliser en Italie, notamment dans la région de la Calabre et du nord-est de la Sicile, visant le but spécial d'étudier, avec toute l'exactitude possible, la vitesse de propagation des tremblements de terre locaux. La triangulation séismique consiste, comme l'on sait en ceci: qu'on installe, à plusieurs stations voisines, des appareils sismographiques identiques, et qu'on les relie télégraphiquement de façon que l'appareil le premier ébranlé mette en mouvement, d'une manière automatique, un dispositif d'inscription sur les enregistreurs mêmes des sismographes des autres stations; ou bien, s'il s'agit d'enregistreurs à double vitesse, que le premier appareil fasse déclencher simultanément le mécanisme de la grande vitesse dans tous les autres sismographes. Je proposais de relier ainsi électriquement, entre eux, les quatre observatoires de Catane, Messine, Reggio et Mileto de la Sicile et de la Calabre. Je pensais aussi qu'on devait recourir, pour le trajet Messine-Reggio, à des appareils à transmission analogues à ceux employés dans la télégraphie sans fil.

Comme mes collègues sismologistes ont le droit de savoir ce qu'on a fait en Italie à l'égard de la réalisation du projet exposé à Zermatt, on a cru devoir inscrire sur l'ordre du jour un article relatif à cette matière. Je le liquiderai en deux mots.

D'abord on conçoit très bien que la question dépendait et dépend toujours de la reconstruction des observatoires de Messine et de Reggio qui ont été détruits par le dernier grand tremblement de terre. Cette construction a été fort retardée, et cela pour des raisons diverses, sur lesquelles il serait inutile d'insister; c'est pourquoi on n'a rien fait, jusqu'à présent, pour réaliser mon projet de triangulation. Mais, comme M. Rizzo vous l'a communiqué hier, le Gouvernement vient d'accorder les moyens financiers pour la reconstruction desdits observatoires. Ce n'est que lorsque cette tâche sera accomplie que l'on pourra reprendre le projet et le mettre à exécution en construisant le réseau de la triangulation.

L. PALAZZO.

## Le registrazioni sismiche nel R. Osservatorio Geodinamico di Rocca di Papa nell' ultimo dodicennio

per

G. Agamennone e A. Cavasino.

Sono ormai dodici anni che l'Osservatorio di Rocca di Papa (presso Roma) funziona sotto la direzione dell' AGAMENNONE, succeduto appunto al compianto direttore PROF. M. S. DE ROSSI fin dal 1° agosto 1899.<sup>1</sup> Ci proponiamo di riassumere e discutere il numero delle registrazioni sismiche ottenutesi nel nostro Istituto in questo lungo intervallo di tempo, escludendo naturalmente gli ultimi pochi mesi del 1899, durante i quali il nuovo direttore non ebbe campo d'arrecare alcuna modificazione agli strumenti, allora esistenti, salvo per la registrazione del tempo di minuto in minuto sulle zone, sostituita a quella ad ogni ora soltanto che si era effettuata per l'innanzi. Già uno di noi<sup>2</sup> aveva avuto occasione di dare un saggio, ma per il solo anno 1902, del numero delle perturbazioni sismiche che si sogliono registrare a Rocca di Papa, di qualunque natura esse siano e con alcune considerazioni sopra gli svariati sismografi e sismoscopi allora esistenti.<sup>3</sup>

Nel seguente prospetto sono riportate tutte le registrazioni avutesi annualmente a partire dal 1900:

### *Perturbazioni sismiche registrate all' Osservatorio di Rocca di Papa.<sup>4</sup>*

Anno	N°	Anno	N°
1900 . . . . .	52	1906 . . . . .	182
1901 . . . . .	203	1907 . . . . .	175
1902 . . . . .	219	1908 . . . . .	192
1903 . . . . .	167	1909 . . . . .	177
1904 . . . . .	187	1910 . . . . .	218
1905 . . . . .	164	1911 (1° sem.) . . . . .	111

<sup>1</sup> Il DE ROSSI morì nell' ottobre 1898 e l'Osservatorio funzionò provvisoriamente sotto la direzione del suo assistente Dr. A. CANCELI fino al 17 agosto 1899, giorno in cui l'AGAMENNONE si recò a Rocca di Papa per prendere possesso dell' Osservatorio.

<sup>2</sup> G. AGAMENNONE: *L'attività del R. Osservatorio geodinamico di Rocca di Papa durante il passato anno 1902* (Comptes-rendus des séances de la deuxième Conférence sismologique internationale réunie à Strasbourg du 24 au 28 juillet 1903. — Annexe C. 4. Lipsia, 1904.)

<sup>3</sup> Da notarsi che agli strumenti esistenti nel 1902 ed accennati nella memoria predetta e cioè: una coppia di pendoli orizzontali Cancani, un microsismografo Vicentini, un sismometrografo Agamennone a doppia velocità, un sismometrografo Brassart a registrazione continua, altro a grande velocità occasionale, un macrosismometrografo Agamennone, un pendolo sismografico Agamennone e infine numerosi sismoscopi, divisi in tre gruppi, fu aggiunto verso la fine d'agosto 1903 il microsismometrografo Agamennone con massa di kg. 500, il quale aveva già funzionato nel 1899 in un sotterraneo del Collegio Romano in Roma e che figurò all' Esposizione di Parigi del 1900.

Nel dicembre 1905 fu poi smontato il microsismografo Vicentini per essere sostituito da un nuovo microsismometrografo Agamennone a pendolo rigido ed a sospensione cardanica, il quale funzionò per la 1ª volta il 17 dic. 1905 ma con una massa provvisoria di soli 100 kg. portata più tardi a 250 kg. Questo strumento cessò dal funzionare il 22 apr. 1906 per essere installato all' Esposizione di Milano di quell' anno. Ma un nuovo modello di siffatto microsismometrografo fu posto in azione il 31 luglio 1906 con una massa di ben kg. 1500 e con forte ingrandimento.

<sup>4</sup> Veramente, il numero delle registrazioni pubblicate nel Notiziario sismico italiano, nel *Boll. della Soc. Sism. Ital.*, è alquanto superiore per il fatto che vi figurano talora, specialmente nel 1902, alcune perturbazioni di carattere dubbio le quali sono state addirittura escluse in questo prospetto. E forse il numero potrà anche diminuire, sebbene in lievissima misura, per le annate dal 1098 in poi, ancora non pubblicate e perciò non potute ancora controllare in relazione cogli altri Osservatori italiani.

Salta subito agli occhi la notevolissima differenza che passa tra il numero delle perturbazioni sismiche registrate nel 1900 e il numero, quasi quadruplo, di quelle registrate nell'anno successivo. Tutto ciò si spiega col fatto che, entro il 1900, furono dal nuovo direttore modificati e migliorati gli strumenti già esistenti, in modo da dar loro una sensibilità ben maggiore.

Se escludiamo, come è naturale, l'anno 1900, tanto povero di registrazioni in confronto degli anni successivi, troviamo un totale di 1995 registrazioni ottenute in 10 anni e mezzo, ciò che dà una media di 190 registrazioni all'anno.

\*

Può tornare interessante un confronto con i risultati ottenuti in altri Osservatori italiani più importanti. Come si sa, sono Osservatori geodinamici di 1° ordine anche quelli di Catania ed Ischia i quali, al pari di quello di Rocca di Papa, sono in azione da circa  $\frac{1}{4}$  di secolo.<sup>1</sup>

Di grande importanza è pure la Stazione sismica annessa all'Istituto Fisico della R. Università di Padova e in possesso di vari modelli di microsismografo Vicentini; ed a partire dal 1901 ha acquistato un notevole sviluppo, per la registrazione dei terremoti, anche l'Osservatorio Ximeniano dei PP. delle scuole Pie di Firenze. Si può dire che in Italia sono questi i 5 principali Osservatori sismici tanto per l'importanza e il numero degli strumenti adoperati quanto per la continuità delle osservazioni e la cura con cui queste sono effettuate. Il confronto si estenderà dal 1901 — anno in cui s'iniziarono le osservazioni all'Osservatorio Ximeniano di Firenze e cominciarono a mostrarsi gli effetti del riordinamento dell'Osservatorio di Rocca di Papa, eseguito appunto nel 1900 sotto la nuova direzione — a tutto il 1907 che costituisce precisamente l'ultima annata delle Notizie sismiche italiane pubblicate nel *Boll. della Soc. Sism. Italiana*. Nella tabella che segue è riportato il numero totale annuo delle perturbazioni registrate in ognuno dei 5 Osservatori predetti, disposti in ordine crescente di latitudine:

Anno	Numero delle registrazioni ottenute a				
	Catania	Ischia	Rocca di Papa	Firenze (Xim.)	Padova
1901	42	56	203	79	110
1902	86	48	219 <sup>2</sup>	96	110
1903	69	61	167	97	113
1904	53	58	189	139 <sup>3</sup>	126 c. <sup>4</sup>
1905	96	75	164	110	94
1906	97	90 <sup>5</sup>	182	86	71
1907	84	50	175	118 <sup>6</sup>	104
Totale	527	438	1299	725	728
Media annua	75 c.	63 c.	186 c.	103 c.	104

<sup>1</sup> Osservatorio geodinamico governativo di 1° ordine è stato pure dichiarato, da parecchi anni, quello di Salò; ma sia per la limitata potenza dei pochi strumenti posseduti, sia per la mancanza d'un esatto tempo campione, quest'Osservatorio non può essere posto in confronto con quelli di Catania, Ischia e Rocca di Papa.

<sup>2</sup> Nelle Notizie sismiche pel 1902 risultano per Rocca di Papa quasi 250 tra registrazioni e semplici indicazioni sismoscopiche; ma, come vedremo in seguito, s'è dovuto per prudenza rinunciare a molte di quest'ultime.

<sup>3</sup> Non si è tenuto conto d'un'altra ventina di registrazioni con carattere di terremoto lontano avutesi specialmente nel 1° trimestre, e ciò per mancanza di conferma non solo da parte degli altri Osservatori italiani, ma anche di quelli esteri.

<sup>4</sup> Effettivamente s'ebbero 95 registrazioni nei primi nove mesi, i soli per i quali le medesime furono pubblicate. Ammessa la stessa frequenza media dei primi 9 mesi per gli ultimi tre del 1904, si è calcolato per l'anno intero il numero  $95 \times \frac{4}{3} = 126$  c., il quale forse è superiore al vero.

<sup>5</sup> Questo numero, più alto degli altri, si spiega col fatto che dall'8 all'11 aprile 1906 furono indicate ad Ischia ben 28 scossette, dovute alla grande eruzione del Vesuvio di quel mese.

<sup>6</sup> Da notare che anche qui non si è tenuto conto d'un'altra cinquantina di registrazioni, pure di carattere lontano, non confermate in alcun altro osservatorio italiano od estero e perciò evidentemente di natura sismica assai problematica.

Questa tabella mostra come il numero delle perturbazioni registrate a Rocca di Papa sia quasi doppio di quelle di Padova e Firenze, più che doppio di quello di Catania e quasi triplo di quello d'Ischia. Ma si potrebbe giustamente obiettare che la grande superiorità di Rocca di Papa, per numero di registrazioni, fosse dovuta al fatto del ritrovarsi questa località in un distretto sismico assai attivo, oppure dall'essere circondata da gran numero di focolari sismici più o meno vicini.

Per risolvere questo punto, abbiamo creduto di ripartire tutti i terremoti registrati in quattro gruppi e precisamente:

1° Quelli avvertiti dalle persone in ognuna delle 5 località.

2° Quelli più o meno vicini, forse fino a distanze di 500 km.

3° Quelli relativamente lontani, che in generale sono di origine greca, o balcanica o provenienti forse da una distanza fino a 2000 km.

4° Quelli lontani, originati a distanze superiori a 2000 km.

Naturalmente, non è stato sempre possibile evitare difficoltà ed incertezze nell'assegnare le registrazioni ad ognuno dei 4 gruppi; ma, a causa del loro grande numero, è sperabile che sia intervenuta qualche compensazione tra i vari gruppi, che si trovano separatamente contenuti nelle seguenti quattro tabelle:

Numero delle scosse avvertite a

Anno	Catania	Ischia	Rocca di Papa	Firenze (Xim.)	Padova
1901	2	0	3	1	1
1902	1	0	13	0	0
1903	8	1	3	0	0
1904	2	1	3	3	1
1905	1	1	3	0	0
1906	1	2	3	0	0
1907	2	0	2	0	1
<b>Totale</b>	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>30</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
<b>Media annua</b>	<b>2<math>\frac{1}{2}</math> c.</b>	<b>0,7 c.</b>	<b>4<math>\frac{1}{3}</math> c.</b>	<b>0,6 c.</b>	<b>0,5 c.</b>

Numero<sup>1</sup> delle registrazioni d'origine vicina ottenute a

Anno	Catania	Ischia	Rocca di Papa	Firenze (Xim.)	Padova
1901	2	24	89	20	22
1902	32	12	127	36	30
1903	21	35	67	20	47
1904	20	25	86	37	40 <sup>2</sup>
1905	36	32	44	22	24
1906	47	62 <sup>3</sup>	42	21	11
1907	32	18	63	37	20
<b>Totale</b>	<b>190</b>	<b>208</b>	<b>518</b>	<b>193</b>	<b>194</b>
<b>Media annua</b>	<b>27 c.</b>	<b>30 c.</b>	<b>74</b>	<b>28 c.</b>	<b>28 c.</b>

<sup>1</sup> In questi numeri non sono comprese le scosse avvertite dalle persone, date dalla precedente tabella.

<sup>2</sup> Questa cifra fu ottenuta moltiplicando per  $\frac{4}{3}$  le 30 registrazioni ottenute nei primi 9 mesi.

<sup>3</sup> Ricordiamo che ben 28 furono registrate dall' 8 all' 11 aprile e dovute all'eruzione vesuviana di quel mese.

Numero delle registrazioni d'origine relativamente lontana ottenute a

Anno	Catania	Ischia	Rocca di Papa	Firenze (Xim.)	Padova
1901	7	10	20	9	31
1902	15	11	12	10	28
1903	7	5	11	8	14
1904	11	12	24	22	49 c. <sup>1</sup>
1905	17	16	23	15	25
1906	5	10	25	12	23
1907	8	11	21	12	22
<b>Totale</b>	<b>70</b>	<b>75</b>	<b>136</b>	<b>88</b>	<b>192</b>
<b>Media annua</b>	<b>10</b>	<b>11 c.</b>	<b>19 c.</b>	<b>13 c.</b>	<b>27 c.</b>

Numero delle registrazioni d'origine lontana ottenute a

Anno	Catania	Ischia	Rocca di Papa	Firenze (Xim.)	Padova
1901	31	22	91	49	56
1902	38	25	67	50	52
1903	33	20	86	69	52
1904	20	20	76	77	36 <sup>2</sup>
1905	42	26	94	73	45
1906	44	16	112	53	37
1907	42	21	89	69	61
<b>Totale</b>	<b>250</b>	<b>150</b>	<b>615</b>	<b>440</b>	<b>339</b>
<b>Media annua</b>	<b>36 c.</b>	<b>21 c.</b>	<b>88 c.</b>	<b>63 c.</b>	<b>48 c.</b>

Riepilogando i totali e le medie annue per ogni località, veniamo a formare la seguente altra tabella riassuntiva:

	Catania		Ischia		Rocca di Papa		Fir. (Xim.)		Padova	
	Totale	Media annua	Totale	Media annua	Totale	Media annua	Totale	Media annua	Totale	Media annua
Scosse avvertite . . . . .	17	2,5c.	5	0,7c.	30	4,3c.	4	0,6c.	3	0,5c.
„ strum. vicine . . . . .	190	27 c.	208	30 c.	518	74	193	28 c.	194	28 c.
„ „ relativ. lontane . . . . .	70	10	75	11 c.	136	19 c.	88	13 c.	192	27 c.
„ „ lontane . . . . .	250	36 c.	150	21 c.	615	88 c.	440	63 c.	339	48 c.
<b>Totale . . . . .</b>	<b>527</b>	<b>—</b>	<b>438</b>	<b>—</b>	<b>1299</b>	<b>—</b>	<b>725</b>	<b>—</b>	<b>728</b>	<b>—</b>
<b>Media annua . . . . .</b>	<b>75 c.</b>	<b>—</b>	<b>63 c.</b>	<b>—</b>	<b>186 c.</b>	<b>—</b>	<b>103 c.</b>	<b>—</b>	<b>104</b>	<b>—</b>

Queste tabelle se mostrano, è vero, una grande preponderanza a favore di Rocca di Papa, per le scosse avvertite e quelle strumentali d'origine vicina, la indicano eziandio per i terremoti

<sup>1</sup> Questa cifra fu ottenuta moltiplicando per  $\frac{4}{3}$  le 37 registrazioni ottenute nei primi 9 mesi.

<sup>2</sup> Questa cifra fu ottenuta moltiplicando per  $\frac{4}{3}$  le 27 registrazioni ottenute nei primi 9 mesi.

d'origine lontana, pei quali la distanza dell' epicentro è presso a poco uguale per i cinque Osservatori. Senza, dunque, volere assolutamente negare che alla superiorità di Rocca di Papa, in fatto di numero di registrazioni, possa anche aver concorso la vicinanza di numerosi centri sismici (e starebbero a provarlo le 30 scosse avvertite in paese nel settennio preso in esame), pure ci pare che debba aver contribuito il tipo di strumenti adoperati, le buone condizioni di funzionamento nelle quali sono tenuti, l'ausilio di svariati, numerosi e sensibili sismoscopi, che costituiscono una specialità del nostro Osservatorio e richiamano sovente l'attenzione del personale sopra microscopiche registrazioni che altrimenti sarebbero sfuggite ad un primo esame, e infine la cura minuziosa con la quale sono ispezionate le zone, specialmente per la ricerca postuma di perturbazioni sismiche registrate in altri Osservatori tanto italiani quanto esteri.

\*

La registrazione delle scosse vicine merita un ulteriore esame.

Intanto, se le sommiamo con quelle avvertite per ogni località, troviamo le seguenti cifre:

	Catania	Ischia	Rocca di Papa	Fir. (Xim.)	Padova
Scosse avvertite . . . . .	17	5	30	4	3
„ strumentali vicine . . . . .	190	208	518	193	194
Totale . . . . .	207	213	548	197	197

Da questo prospetto risulta che il numero delle scosse vicine, avvertite o no, registrate a Rocca di Papa è più che doppio di quello negli altri Osservatori.

Nella relazione fatta da uno di noi per l'anno 1902, si insisteva in modo speciale sull'utilità dei sismoscopi i quali, come si sa, oltre a richiamare l'attenzione dell' osservatore mediante apposito campanello d'allarme, hanno un altro importantissimo compito ed è quello di far muovere a grande velocità le zone dei sismografi durante il movimento sismico e di permettere così un'analisi dei sismogrammi assai più estesa ed approfondita in confronto di quella che potrebbe risultare da una velocità costante del registratore, sia pure ragguardevole, per es. di 1—2 metri all' ora, ciò che deve già considerarsi come un limite difficile a raggiungersi in pratica. Oltracciò, grazie all' allarme dato dai sismoscopi, l'osservatore è in grado di eseguire misure e osservazioni durante la stessa perturbazione sismica, specialmente quando questa sia di durata piuttosto lunga. Naturalmente, non è il caso di prendere sul serio tutte le indicazioni sismoscopiche, quando non vengono confermate dai registratori; poichè una parte delle medesime può essere provocata o da sbalzi di temperatura, o da colpi di vento, o da perturbazioni artificiali, quali il suono a distesa di pesanti campane, il passaggio di carri o di treni, il funzionamento di macchine ecc. ecc. entro un certo raggio.

Per concretare le idee su questo argomento, diremo che nell' anno 1902 s'ebbe a Rocca di Papa il più gran numero d'indicazioni sismoscopiche e cioè ben 155. A spiegare l'eccezionale frequenza con cui allora funzionarono i sismoscopi, basta riflettere anzitutto che effettivamente in detto anno abbondarono le scosse vicine, tanto che dalle persone ne vennero avvertite ben 13; in secondo luogo che l'assistente d'allora fu, forse, troppo ottimista nel prendere in considerazione indicazioni sismoscopiche, parecchie delle quali non avevano altra conferma all' infuori di oscillazioni più o meno sensibili dei tromometri a corto periodo, i quali sogliono essere ispezionati per i primi dopo l'allarme dato dai sismoscopi.

Riesaminando attentamente e con giudizio sereno tutte le predette 155 segnalazioni sismoscopiche del 1902, possiamo ripartirle come segue:

Coincidenti con scosse avvertite in paese o confermate in altri Osservatori	51
Confermate all' evidenza dagli strumenti registratori dell' Osservatorio	63
Prodotte con grande probabilità da vere scosse sismiche	26
"    "    minore    "    "    "    "    "	7
"    "    poca    "    "    "    "    "	8
Totale	155

Anche volendo rinunciare a tutte le indicazioni degli ultimi due gruppi, come quelle che sono più o meno incerte e che sommano in tutto a 15, ad ogni modo ne rimarrebbero ben 140 le quali rappresentano il 64% di tutte le registrazioni sismiche (219) avutesi nell' intero anno.<sup>1</sup>

\*

Vogliamo ora esaminare la ripartizione delle registrazioni di Rocca di Papa in ordine alla distanza degli epicentri sismici, e questo darà modo di poter giudicare della potenza degli strumenti in azione. Però tale ricerca non si può estendere che al triennio 1904—1906 pel quale esistono le pubblicazioni internazionali dei movimenti microsismici di tutto il mondo, e perciò è possibile di conoscere per una buona parte dei medesimi la posizione dell' epicentro con maggiore o minore approssimazione.

Il risultato del nostro esame è contenuto nel seguente prospetto:

*Ripartizione delle scosse  
rispetto alla distanza arcuale del loro epicentro da Rocca di Papa*

Anno	0—100 km.	100—500 km.	500—1000 km.	1000—5000 km.	5000—10,000 km.	10,000—20,000 km.	Epicentro ignoto lontano	Totale
1904	74	20	17	8	34	27	9	189
1905	23	25	21	12	33	30	20	164
1906	35	23	16	8	31	51	18	182
Totale . .	132	68	54	28	98	108	47	535
Media annua	44	23 c.	18	9 c.	33 c.	36	16 c.	178 c.

<sup>1</sup> Una decina d'indicazioni sismoscopiche stanno in relazione con perturbazioni sismiche relativamente lontane e cioè con l'epicentro nella Dalmazia, Bosnia, Erzegovina, Grecia e perfino nel Turkestan. La straordinaria frequenza delle segnalazioni sismoscopiche nel 1902 può forse anche essere dipesa dalla maggior sensibilità con cui si tenevano allora gli avvisatori. Infatti ben presto ebbe a riconoscersi che i medesimi, resi troppo sensibili, potevano essere influenzati da forti colpi di vento e più di tutto dal suono a distesa della campana maggiore del paese, sebbene d'un peso non superiore a 500 kg. c. ed alla distanza di un 150 metri dall' Osservatorio. Fu giocoforza quindi ridurre la sensibilità, e la conseguenza ne fu che negli anni successivi 1903, 1904, 1905, 1906, 1907 i sismoscopi funzionarono per causa sismica rispettivamente 61, 92, 50, 39, 47 volte, e la percentuale discese perciò rispettivamente al 34, 47, 29, 21, 27 per cento di tutte le registrazioni di ogni anno.



Da ciò si deduce subito che la percentuale di frequenza per i terremoti con epicentro diversamente distante da Rocca di Papa, per il triennio considerato, è la seguente:

Terremoti con epicentro da	0 a 100 km.	25% c.
" " " "	100 a 500 "	13% c.
" " " "	500 a 1000 "	10% c.
" " " "	1000 a 5000 "	5% c.
" " " "	5000 a 10000 "	18% c.
" " " "	10000 a 20000 "	20% c.
" " " "	lontano sconosciuto	9% c.
Totale . .		100

Come era da aspettarsi, la maggiore percentuale è per i terremoti originati entro un raggio d'un centinaio di chilometri; i medesimi sono giusto la 4<sup>a</sup> parte di tutti i restanti. Poi si ha una rapida diminuzione per distanze che variano da 100 fino a 5000 km.; infine la percentuale risale rapidamente per distanze superiori ai 5000 km.

Se riuniamo insieme le prime due percentuali, troviamo quella del 38 c. % e che si riferisce a tutte le registrazioni provocate a Rocca di Papa da terremoti originati a distanza fino a 500 km.

Ora, per il fatto che entro un raggio di circa 500 km. attorno a Rocca di Papa si trova appunto compreso quasi tutto il territorio italiano, così possiamo prendere la predetta percentuale come un limite massimo per i terremoti d'origine italiana registrati nel nostro Osservatorio e la percentuale complementare (62%) come un limite minimo per tutti i restanti esteri.

Tenendo conto che entro il raggio di 500 km. cade anche una porzione della Dalmazia, non si andrà forse troppo lontani dal vero, il ritenere che, per il triennio considerato, circa  $\frac{1}{3}$  di tutte le registrazioni di Rocca di Papa sono state prodotte da terremoti italiani, e gli altri  $\frac{2}{3}$  originati fuori d'Italia, sia in Europa sia in altre parti del mondo.

Se si riuniscono insieme le ultime tre percentuali, le quali si riferiscono a terremoti più o meno lontani, si giunge alla percentuale altissima del 47%! La conclusione che se ne tira è che quasi la metà di tutte le registrazioni sismiche di Rocca di Papa sono dovute a terremoti lontani, e cioè a partire da distanze di 5000 km. fino agli antipodi, e tutto ciò sta a provare da una parte la grande sensibilità degli strumenti posseduti e le buone condizioni del loro funzionamento, e dall'altra l'attenzione e la pazienza con cui sono ricercati i sismogrammi anche i più tenui e che certamente sfuggirebbero ad un esame alquanto affrettato.<sup>1</sup>

\*

La media annuale di 190 perturbazioni sismiche registrate a Rocca di Papa, da noi sopra trovata in base agli ultimi 10  $\frac{1}{2}$  anni, costituisce già una cifra abbastanza ragguardevole che ci potrebbe essere invidiata da molti Osservatori anche esteri sebbene muniti di strumenti più potenti sia per masse pendolari sia per registrazione fotografica. Ma noi riteniamo che detta cifra potrebbe essere anche più elevata se i nostri strumenti non fossero esposti a due cause gravi di perturbazione: la 1<sup>a</sup>, già sopra accennata, prodotta dallo scuotimento nel terreno in seguito al suono a distesa della campana maggiore del sottostante paese; la 2<sup>a</sup> l'influenza funesta che il vento esercita spesso all'Osservatorio che si trova ad una altitudine di ben 760 metri e sulla cima di una collina. L'azione del vento è tanto più notevole in quanto che disgraziatamente tutti gli strumenti registratori, anziché sopra pilastri isolati, sono fissati ai muri maestri dell'edificio, sebbene interni e di grande

<sup>1</sup> Per ottenere questi risultati, non solo si suole ogni giorno fare una ricerca speciale sulle zone per le registrazioni ottenute in altri osservatori italiani e pubblicate nella rubrica ad hoc del Boll. Met. giornaliero del R. Uff. Centr. di Met. e Geod. di Roma, ma anche per quelle ottenute all'estero e pubblicate anche dopo molti mesi e perfino dopo qualche anno. Va da sé che per procedere a siffatte ricerche postume, vanno conservate le zone dei registratori, specialmente di quelli più delicati.

spessore. Ciò fa sì che in tempo di perturbazioni atmosferiche, tanto frequenti a quell' altitudine, i colpi di vento alterano notevolmente i tracciati degli strumenti più sensibili, e impediscono dal riconoscere spesso quelle più o meno lievi registrazioni prodotte da causa sismica.<sup>1</sup> Ad esempio, il nuovo *microsismometrografo* con pendolo rigido verticale, fornito attualmente d'una massa di kg. 1500 e d'un ingrandimento di circa 320 volte, è così delicato che di rado i suoi tracciati sono costituiti da linee rette; e quando lo strumento si mantiene perfettamente tranquillo, o quasi, la sua sensibilità riesce addirittura meravigliosa e permette la registrazione di piccole scosse originatesi a ragguardevolissime distanze.

Un qualche vantaggio si potrebbe certamente ritrarre col fissare gli apparati più delicati a pilastri isolati e indipendenti dai muri dell' edificio; ma data la violenza del vento che si verifica così spesso all' Osservatorio, specialmente durante l'inverno, non è da sperare che gli effetti funesti lamentati possano, non diciamo, cessare, ma neppure diminuire di molto.

Stando così le cose, non sarebbe fuori di luogo di pensare alla possibilità del trasferimento dell' Osservatorio in un luogo più adatto, se realmente si vuole che il medesimo risponda alle moderne esigenze della sismometria.

Bisogna riflettere che quando fu decisa la costruzione dell' Osservatorio, circa  $\frac{1}{4}$  di secolo indietro, non si poteva neppure lontanamente sospettare che la sensibilità degli attuali strumenti potesse raggiungere un sì alto grado. Quelli d'allora erano dei semplici sismoscopi di svariate forme, è vero, ma quasi tutti di limitatissima sensibilità. Oltracciò la decisione di fondare un Osservatorio a Rocca di Papa presso il bordo d'un cratere spento, fu ispirata al concetto di studiare i fenomeni sismici locali, supposti dover essere connessi col residuo d'attività vulcanica. Ora che dopo  $\frac{1}{4}$  di secolo gli strumenti sismici si sono completamente trasformati, e l'esperienza dell' ultimo dodicennio ha provato che lo studio dei fenomeni locali non offre niente più di speciale in confronto di quelli di qualsiasi altro distretto sismico d'Italia, ci pare che non sia utile alla scienza di perseverare a mantenere un Osservatorio di 1° ordine in una località riconosciuta ormai inadatta per le ragioni sopra accennate ed altre che andiamo ora ad esporre.

I colli Laziali sono il teatro di frequenti e talora intensi fenomeni sismici; basta il ricordare il numero rilevante di scosse (ben 30) avvertite dalle persone a Rocca di Papa nel settennio 1901—1907 e vari terremoti, da fortissimi a rovinosi, verificatisi nei fianchi del Vulcano Laziale nell' ultimo ventennio. Quando si tratti d'un Osservatorio sismico di 1° ordine, munito di svariati apparati delicatissimi, destinati a registrare la eco dei terremoti di tutto il mondo, è nostra opinione che non sia prudenza di farlo funzionare in un punto soggetto a sconvolgimenti così violenti del terreno, per effetto dei quali i sismografi più sensibili vengono spesso scompigliati e posti fuori di servizio. Ci sembra che in un distretto sismico così attivo sia più adattato, invece, un osservatorio sismico di 2° ordine, provvisto soltanto di strumenti ad hoc per lo studio dei terremoti locali e più o meno vicini, e posto sotto la sorveglianza d'un Osservatorio di 1° ordine. Tutto ciò abbiamo creduto d'esporre in questa occasione, anche perchè sia tenuto presente nella costruzione di qualche altro Osservatorio in Italia.

\*

<sup>1</sup> Le perturbazioni atmosferiche producono spesso registrazioni che lasciano incerto l'osservatore, se trattisi di veri terremoti più o meno lontani. Qualche volta è accaduto che il personale dell' Osservatorio è stato realmente tratto in errore e ciò spiega la notizia di qualche perturbazione trasmessa all' Uff. Cent. di Met. e Geod. in Roma e riconosciuta in appresso d'origine non sismica. Ma si tratta sempre di pochissimi casi, che sono stati in seguito rettificati nel Notiziario sismico italiano, pubblicato nel *Boll. della Soc. Sism. Ital.* Occorre certamente una grande pratica ed una grande prudenza per non scambiare una perturbazione spuria per una vera registrazione sismica; e se nel nostro Osservatorio si volessero prendere sul serio tante registrazioni con parvenza di terremoti lontani, specialmente nei pendoli orizzontali, durante il pomeriggio, esse accrescerebbero notevolmente il numero di quelle che effettivamente sono di natura sismica, e confermate non solo da vari strumenti ma in accordo con quelle registrate in altri Osservatori italiani ed esteri. Il volere pubblicare tante di queste perturbazioni, più o meno problematiche e non controllate a dovere, come pur troppo si suole praticare in qualche Osservatorio italiano e in alcuni anche all' estero, costituisce un inutile ingombro nei notiziari sismici, e senza altro vantaggio che quello forse di far passare agli occhi dei profani o di quelli che giudicano superficialmente, gli strumenti del proprio Osservatorio più sensibili e potenti di quello che siano in realtà.

Da quanto abbiamo sopra esposto, risulta che l'Osservatorio di Rocca di Papa è divenuto da più di un decennio incontrastabilmente uno dei più importanti d'Italia e può non solo rivaleggiare coi numerosi Osservatori esteri, anche provvisti di più larghi mezzi, ma perfino approssimarsi, per i risultati ottenuti, a molti tra quelli che sono senza dubbio forniti di strumenti ancora più potenti e specialmente basati sull'impiego di forti masse pendolari, già da molti e molti anni preconizzate e propugnate da uno di noi.

È precisamente per tutto questo, che siamo rimasti colpiti dal fatto che nonostante il buon servizio fatto dall'Osservatorio di Rocca di Papa e l'elevato numero di registrazioni ivi ottenute ogni anno e analizzate accuratamente in base ad un tempo campione inappuntabile, non si tenga poi il dovuto conto delle medesime (e non sappiamo spiegarcene la ragione) nel catalogo internazionale dei movimenti microsismici per 1906, redatto dal Dr. S. SZIRTES.

Desta non poca sorpresa, infatti, il veder passare sotto silenzio in detto catalogo numerose relazioni sismiche di Rocca di Papa, coincidenti con altre all'Estero, anche nel caso che i dati orari siano riportati con sufficientissima esattezza, specialmente per la fase preliminare delle perturbazioni, mentre ciò spesso non si verifica nelle relazioni di qualche altro osservatorio italiano utilizzate in detto catalogo. Nè sembra che si possa spiegare questa grave omissione nell'ipotesi che le relazioni sismiche di Rocca di Papa, pubblicate regolarmente tra le Notizie sismiche italiane nel *Bollettino della Soc. Sism. Italiana*, non abbiano potuto essere state utilizzate in tempo per il ritardo di questa pubblicazione; poichè qualche volta sono riportati, qua e là, anche i dati orari di Rocca di Papa tra quelli relativi ai più ragguardevoli movimenti sismici che hanno interessato una parte più o meno estesa della superficie del nostro pianeta.

Così, per cominciare dal mese di gennaio, sopra 7 delle più notevoli perturbazioni studiate dallo SZIRTES, soltanto 2 volte vengono riportate le osservazioni di Rocca di Papa, e sono messe in disparte le altre 5 volte. Sopra 6 perturbazioni nel mese di febbraio, viene una sola volta citata Rocca di Papa e 3 volte no; sopra 11 perturbazioni del marzo, si tien conto una sola volta dei dati del nostro Osservatorio e si trascurano ben altre 8 volte, e così di questo passo per i mesi successivi.

Nè questo modo di procedere può essere attribuito a manchevolezze dei dati orari; poichè, ad es., per l'importante terremoto in Ungheria, Croazia e Dalmazia, avvenuto intorno alle 5<sup>h</sup><sub>1/2</sub> del 2 gennaio 1906, e registrato in moltissimi Osservatori italiani con perfetto accordo nelle ore, viene citato soltanto l'Osserv. Xim. di Firenze, quasi che in Italia questo fosse l'unico Osservatorio degno di fiducia. Ma v' ha di peggio poichè, ad es., pel terremoto asiatico avvenuto intorno alle 7<sup>h</sup><sub>1/2</sub> del 2 marzo 1906, registrato in Italia, a Catania, Rocca di Papa, Firenze (Xim.) e Padova, questa volta non vengono riportati neppure i dati orari di Firenze, che di solito viene citata e, appunto per questo, può dare l'impressione a chi legge che desso sia veramente l'unico o il migliore Osservatorio di 1° ordine esistente in Italia.

R. Osservatorio Geodinamico.

Rocca di Papa, 10 luglio 1911.

Al momento di licenziare le bozze di stampo, essendo trascorso già tutto l'anno 1911. siamo in grado di fornire anche il numero delle perturbazioni sismiche registrate a Rocca di Papa durante il 2° semestre di detto anno. Le medesime ammontano a 110, ed unite alle 111 del 1° semestre formano un totale di 221 perturbazioni.

Sicchè nell'undicennio 1901—1911 si sono avute complessivamente 2105 registrazioni sismiche, ciò che dà una media annua di 191 c., cifra quasi identica a quella già sopra trovata.

## Rapport sur le service sismologique du Mexique.

Le Service sismologique du Mexique a été inauguré le 5 septembre 1910 avec la Station Sismologique Centrale de Tacubaya et les Stations de Mazatlán et d'Oaxaca. Postérieurement le 5 mai 1911, a été inaugurée la Station de première classe de Mérida, Yucatán; quoique ces stations aient été inaugurées aux dates indiquées, elles avaient commencé à fonctionner, celles de Mazatlán et d'Oaxaca depuis le 1<sup>er</sup> août 1910 et celle de Mérida depuis le 1<sup>er</sup> février 1911.

Dans mon rapport antérieur j'ai déjà parlé des instruments dont les Stations sont dotées ainsi que de leurs coordonnées géographiques.

La Station de première classe de Zacatecas, dont la construction est assez avancée et qui se continue avec activité, sera inaugurée vers la moitié de 1912.

Le nombre de microseismes enregistrés dans les stations est le suivant:

A Tacubaya, du 1 <sup>er</sup> juillet 1910 au 30 juin 1911	167
A Mérida, du 1 <sup>er</sup> février 1911 au 30 juin 1911	. 36
A Mazatlán, du 1 <sup>er</sup> août 1910 au 30 juin 1911	. 43
A Oaxaca, du 1 <sup>er</sup> août 1910 au 30 juin 1911	. 58

L'Institut a publié récemment le Catalogue des tremblements ressentis dans la République pendant l'année 1910; les microseismes enregistrés à la Station Centrale à Tacubaya pendant la même année et ceux enregistrés aux Stations de Mazatlán et Oaxaca pendant les mois d'août à décembre 1910.

Prochainement paraîtront tous les catalogues correspondants à l'année 1911.  
Mexico, en mars 1912.

José G. AGULÉRA.

## Organisation der Erdbebenbeobachtungen in Norwegen.

Zu dem Berichte, den ich für die Tagung der permanenten Kommission der internationalen seismologischen Assoziation in Zermatt 1909 schrieb, habe ich nur wenig hinzuzufügen.

Die Einsammlung der zahlreichen ausgesandten Erdbebenschemas geschieht jetzt von Bergens Museum. Es ist gelungen, eine grosse Anzahl interessierter Mitarbeiter zu bekommen und das bedeutende Material, das gelegentlich der in den letzten Jahren eingetroffenen Erdbeben eingesammelt wurde, zeigt, dass der Erdbebendienst gut funktioniert. Am 4. Feber 1912 werden es 25 Jahre, dass die erste Bewilligung zu einer systematischen Einsammlung von Erdbebenberichten gegeben wurde, und es ist meine Absicht, dann eine Übersicht über die in diesen Jahren gewonnenen Resultate zu geben.

Die einzige seismische Station unseres Landes ist, wie in einem früheren Bericht erwähnt, in Bergen. Hoffentlich wird in einer nicht zu fernen Zukunft eine neue Station in Christiania errichtet.

KARL FRED KOLDBRUP.

## Rapport sur le service sismologique aux Pays-Bas.

### I. Institut R. météor. des Pays-Bas à de Bilt.

Les instruments sismologiques qui, jusqu'à la fin de l'année 1910, étaient établis dans les caves de l'édifice principal ont été transportés dans un pavillon construit dans le cours de 1910.

Le mur extérieur de cet édifice, construit en béton, a une épaisseur de 1.10 m et est pourvu d'ouvertures pour faciliter la ventilation; séparé de ce mur par un corridor en béton d'une largeur de 90 cm, se trouve le mur intérieur, construit en pierre ponce, qui borde l'enceinte où les instruments sont établis. Le mur intérieur et le corridor (en béton armé) reposent sur les fondaments du mur extérieur. Les dimensions de l'enceinte sont  $2.5 \times 6.8 \times 11.8$  m.

Le plafond de cette chambre se trouve 0.80 m au dessous d'un plafond double, qui repose sur le mur extérieur, l'espace entre les planches étant rempli de poussière de tourbe. Tout est surmonté par un toit en bois à bords saillants.

Un bloc en béton, long 5.6 m, large 10.6 m et d'une épaisseur de 2 m est enfoui dans la terre; la face supérieure du bloc reste 40 cm au dessous du plancher, qui consiste de trappes mutables vissées sur les poutres.

Les instruments sont établis sur les piliers de béton placés sur le bloc qui s'élèvent un peu au dessus des ouvertures faites dans le plancher. Tout autour du bloc se trouve une gouttière en zinc, remplie d'huile, dans laquelle s'immerge une plaque attachée au corridor qui environne la chambre. Ainsi l'humidité, causée par l'eau souterraine, est empêchée de pénétrer la chambre.

Dans une antichambre qu'il faut passer pour entrer dans la localité des instruments, se trouvent une chambre obscure et des chambrettes pour enfumer et fixer les diagrammes.

Afin de diminuer autant que possible l'influence due aux changements de la température, l'édifice est entouré d'une levée de terre. Les instruments fonctionnants sont: une paire de pendules horizontaux Bosch,  $M = 25$  kg, et un sismographe astatique Wiechert,  $M = 200$  kg. Un pendule horizontal à enregistrement galvanométrique, système Prince Galitzine, est commandé et sera établi aussitôt après réception.

Dans la chambre des instruments se trouvent des réservoirs remplis de chlorure de calcium de sorte que l'humidité reste au dessous de 100%; dans l'armoire qui protège le sismographe Wiechert, le degré d'humidité est d'environ 70%. Pendant l'année 1911 la variation totale de la température a été d'environ  $12^\circ$  C.; la variation du jour au jour est au plus  $0.3^\circ$  C.

### II. Indes neerlandaises.

#### A) *Macrosismes.*

Moyennant de formules questionnaires des rapports concernant les tremblements de terre sont fournis par les fonctionnaires européens et indigènes, les gardes-phare, les observateurs de pluie et des personnes privées; en moyenne 1000 réponses sont reçues annuellement.

B) *Microsismes.*

a) Station centrale à Batavia.

Instruments:

1. Pendule astatique Wiechert;  $M = 1000$  kg.
2. Sismographe Milne.
3. Sismographe von Rebeur-Ehler.
4. Indicateur d'après M. Agamennone.

Les résultats sont publiés annuellement dans les annales de l'Observatoire et dans un bulletin mensuel.

b) Stations secondaires.

1. Padang, Sumatra.
2. Ambon, Moluques.

Chaque station est pourvue d'un pendule du type Bosch-Omori,  $M = 10$  kg; les instruments fonctionnent sous la surveillance d'un apothicaire militaire, le temps est donné par le commandant d'un bateau du service civil.

Afin d'obtenir une meilleure localisation des foyers de tremblements de terre dans les parties occidentales de l'île de Java, un instrument sensible sera établi à Malabar (Preanger) par M. BOSSCHA.

J. P. VAN DER STOK.

### Situation du service sismologique portugais en 1911.

Pour réaliser l'organisation en projet du service sismologique en Portugal on possède à présent:  
L'Observatoire météorologique de Lisbonne, qui servira de station sismologique centrale pour le continent portugais: un sismographe de Mainka.

L'Observatoire astronomique de Lisbonne: un pendule horizontal de Bosch (Tromomètre).

L'Observatoire météorologique de Coïmbre: un pendule de Wiechert (masse de 1000 kilogrammes), et un pendule photographique de Milne.

L'Observatoire météorologique du Porto: un pendule à trois composantes d'Agamennone.

Aux Açôres:

L'Observatoire magnétique et sismologique de S. Miguel, qui servira de station centrale sismologique pour l'archipel: deux pendules de Bosch, et un pendule Agamennone (masse de 250 kilogrammes) à enregistrement à encre.

L'Observatoire météorologique de Ponta Delgada, situé à environ sept kilomètres de l'observatoire magnétique: un pendule photographique de Milne.

\*

De ces appareils sont en fonctionnement définitif: les deux pendules photographiques de Milne, un installé à Coïmbre, et l'autre à Ponta Delgada, et provisoirement fonctionnent à Lisbonne le pendule de Mainka, et à S. Miguel ceux de Bosch.

Ponta Delgada le 5 juillet 1911.

F. A. CHAVES,  
Délégué du Portugal.



## Rapport sur le Service sismologique de Roumanie.

Depuis mon dernier rapport publié dans les *Comptes-Rendus des séances de la troisième réunion de la Commission permanente en 1909 à Zermatt*, pages 111—113, aucun changement n'a été apporté dans le Service Sismologique de Roumanie.

Toutefois, dans le sous-sol de l'Observatoire astronomique qu'on vient de bâtir à Bucarest sur l'emplacement de l'Institut Météorologique de Roumanie, l'on a aménagé, à côté de la salle des pendules fondamentales, une deuxième salle destinée à recevoir de nouveaux instruments sismologiques. Le directeur de l'Observatoire astronomique et météorologique, M. COCULESCU, a commandé les sismographes du PRINCE GALITZINE dont les fondations sont déjà exécutées et attendent les instruments. On espère qu'avant la fin de l'année ces appareils seront en fonction.

Durant le laps de temps écoulé depuis la réunion de Zermatt, l'Observatoire astronomique et météorologique de Bucarest a fait paraître les publications suivantes concernant la Sismologie:

Mouvements sismiques en Roumanie pendant la période 1907—1909. 8°, 21 pages, 1 fig. et 2 pl., Bucarest 1910.

Bulletin sismique, année 1910; 1 feuille.

Bulletin sismique, année 1911 Nr. 1, une feuille et 2 planches.

ST. HEPITES,  
Délégué de la Roumanie.

## Die neue Organisation des seismischen Dienstes in Russland.

Von Fürst B. GALITZIN.

Seit mehreren Jahren besteht in Russland eine Anzahl seismischer Stationen, deren Beobachtungsergebnisse in den jährlichen Bulletins der Russischen Seismologischen Kommission veröffentlicht werden. Einige von diesen Stationen entsprachen nicht den Anforderungen der modernen Präzisionsseismometrie; ausserdem war ihre Anzahl für ein solches Reich wie Russland, welches in einigen seinen Teilen sehr viel von Erdbeben zu leiden hat, zu gering. Die Mängel an Geldmitteln liessen nicht bis jetzt die schon vorhandenen Stationen wesentlich verbessern und den seismischen Dienst weiter entwickeln.

Erst seit diesem Jahre (1911) sind die dazu nötigen Geldmittel von der Reichsduma und dem Reichsrat bewilligt worden. Infolgedessen ist ein Plan einer völligen Reorganisation des seismischen Dienstes in Russland ausgearbeitet worden, welcher allmählich verwirklicht und über welchen hier kurz berichtet werden soll.

Diese neue Organisation schliesst sich an die schon vorhandene unmittelbar an.

An der Spitze derselben steht die Russische Zentrale Seismologische Kommission neben der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu St.-Petersburg. Die Kommission besorgt und überwacht den ganzen seismischen Dienst in Russland; ausserdem beschäftigt sie sich mit der Ausarbeitung verschiedener theoretischer und praktischer Aufgaben der Seismometrie, wie z. B. der Konstruktion von neuen Typen von Seismographen, neuer Beobachtungsmethoden etc.

Diese Kommission besteht aus einer Anzahl Mitglieder der Akademie der Wissenschaften zu St.-Petersburg und aus den Vertretern verschiedener wissenschaftlicher und praktischer Anstalten, wie z. B. des Geodätischen Amtes, des Physikalischen Zentralobservatoriums zu St.-Petersburg, der Universitäten, der Russischen Geographischen Gesellschaft usw.

Der Vorsitzende der Kommission ist der Direktor der Pulkovoe Sternwarte BACKLUND.

Die Seismologische Kommission versammelt sich in den Wintermonaten gewöhnlich einmal monatlich, in den Sommermonaten seltener. An diesen Versammlungen werden erstens geschäftliche Fragen erledigt und zweitens wissenschaftliche Vorträge über die neuen Arbeiten ihrer Mitglieder und anderer Gelehrten gehalten. Kurze Referate über die neue ausländische seismologische Literatur werden ebenfalls verlesen.

Auf diese Sitzungen werden auch Privatpersonen, welche sich für die Seismologie interessieren, eingeladen.

Die wissenschaftlichen Arbeiten der Kommission und die Protokolle ihrer Sitzungen werden in den „Nachrichten der Seismologischen Kommission“ in 500 Exemplaren gedruckt und an verschiedene Anstalten und Gelehrte in Russland, wie im Auslande gratis verteilt. Dieselben befinden sich auch bei den Buchhändlern im Verkauf. Ausserdem wird ein jährliches Bulletin mit den Beobachtungsergebnissen des russischen seismischen Stationsnetzes veröffentlicht.

Bis Anfang dieses Jahres betrug das ganze jährliche Budget der Russischen Seismologischen Kommission nur 14,672 Rubel (1 Rubel =  $2\frac{2}{3}$  Fr.). Aus dieser Summe wurden 4200 Rubel unter

die drei seismischen Stationen in Tiflis, Irkutsk und Taškent verteilt und 1472 Rubel wurden als Russlands Beitrag an die Internationale Seismologische Assoziation ausgegeben. Für die übrig bleibenden 9000 Rubel sollten die Stationen von Pulkovo und Juriev (Dorpat) sowie 8 Stationen zweiter Ordnung unterhalten werden. Ein Teil dieser Geldmittel wurde auch zur Unterstützung verschiedener wissenschaftlicher Unternehmungen, für den Bau und die Anschaffung verschiedener Instrumente und Bücher, Anfertigung verschiedener Zeichnungen, Geschäftsführung etc. verwendet.

Es hat sich jedoch gleich am Anfang der Tätigkeit der Seismologischen Kommission herausgestellt, dass die zur Verfügung gestellten Geldmittel ganz und gar unzureichend waren, um eine planmässige Entwicklung des seismischen Dienstes auf dem ausgedehnten Territorium des Russischen Reiches zu sichern.

Geleitet durch den Wunsch, den seismischen Dienst in Russland auf eine passende Höhe zu bringen, hat die Seismologische Kommission einen Plan einer gänzlichen Reorganisation dieses Gebietes ausgearbeitet und ein Gesuch um die nötigen Geldmittel eingereicht, wobei sie bei der Regierung die nötige Beachtung gefunden hat.

Es mag auch erwähnt werden, dass seit einigen Jahren das russische Publikum ein sehr reges Interesse für seismische Studien hegt. Es werden öfters öffentliche Vorträge über entsprechende Themen gehalten und in den verschiedenen Zeitungen der Hauptstadt und der Provinz befinden sich öfters Artikel, welche verschiedenen seismologischen Fragen gewidmet sind.

Die seismischen Untersuchungen in Russland werden auch von manchen Privatleuten gefördert und durch Verleihung von nötigen Geldmitteln in bedeutendem Maasse unterstützt.

So z. B. hat der Grossfürst NIKOLAJ MICHAJLOVIČ aus seinen Privatmitteln 3300 Rubel bewilligt, um eine ganz neue seismische Station zweiter Ordnung auf seinem Gut in Boržom im Kaukasus zu errichten und ausserdem 1500 Rubel jährlich für ihre Leitung und Unterhaltung versprochen. Herr E. NOBEL hat zwei Stationen in Baku und Balachany gegründet. Die erste derselben wird bald in eine Station ersten Ranges verwandelt. Graf Morkov gründet zur Zeit eine seismische Station zweiter Ordnung auf seinem Gut N. Olčedaevo in Podolien. Der Verein der Bergindustriellen Süd-Russlands hat neulich eine Station ersten Ranges in Makějevka (Süd-Russland) gegründet, wo aperiodische Horizontalpendel der Pulkovoer Art aufgestellt worden sind. Auch einige Reichsinstitute, wie z. B. das Ministerium des Verkehrs, das Militär-Topographische Amt in Omsk, das Technologische Institut in Tomsk besitzen ebenfalls seismische Stationen zweiten Ranges oder sind im Begriff solche zu gründen.

Ausserdem werden sehr oft von verschiedenen Privatpersonen der Seismologischen Kommission Vorschläge gemacht, seismische Beobachtungen ganz gratis auszuführen, wenn nur die dazu nötigen Seismographen geliehen werden.

Bei einem solchen allgemeinen Interesse für seismologische Fragen liessen sich die für die Reorganisation des seismischen Dienstes in Russland nötigen Geldmittel ohne jegliche Schwierigkeit erwerben.

Nach dem neuen Gesetz vom 17. (30.) VI 1910 wurden vom 1. Januar 1911 ab der Seismologischen Kommission zur Unterhaltung des seismischen Dienstes in Russland jährlich 46,912 Rubel zur Verfügung gestellt. Ausserdem wurden zur Anschaffung von nötigen Seismographen und anderen Hilfsinstrumenten, wie zur Errichtung einer zentralen seismischen Station in Pulkovo mit speziellem Wohnhaus neben derselben noch 74,940 Rubel bewilligt.

Zur Verwirklichung des neuen Planes der seismischen Beobachtungen und zur Führung verschiedener administrativer und geschäftlicher Angelegenheiten wurde von der Seismologischen Kommission ein spezielles, aus drei Mitgliedern der Kommission bestehendes Zentralbureau gewählt.

Die Aufgaben dieses Bureaus bestehen der Hauptsache nach in Folgendem:

Es soll die seismometrischen Beobachtungen in Russland von neuem organisieren und weiter leiten. Für die zweckmässige Führung derselben ist das Bureau verantwortlich. Es überwacht unmittelbar die Tätigkeit der zentralen seismischen Station in Pulkovo, wie aller Stationen ersten und zweiten Ranges und besorgt die Ausrüstung derselben mit passenden und zweckentsprechenden Seismographen, die

alle *gedämpft* sein sollen. Es soll die Resultate der Beobachtungen auswerten, koordinieren und ohne Zeitverlust publizieren, nach einem allgemeinen von der Seismologischen Kommission festgelegten Plan.

Eine der wichtigsten Aufgaben dieses Zentralbureaus besteht in der theoretischen und praktischen wissenschaftlichen Ausbildung desjenigen Personals, dem die unmittelbare Leitung der seismischen Beobachtungen anvertraut wird. Dazu sollen spezielle Vorlesungen gehalten und durch ein seismometrisches Praktikum ergänzt werden.

Das Zentralbureau bereitet alle Materialien und Vorträge für die Sitzungen der Seismologischen Kommission vor, setzt dieselbe von der neuen seismologischen Literatur, neuen Instrumenten und Beobachtungsmethoden in Kenntnis und beschäftigt sich ausserdem mit verschiedenen theoretischen und praktischen wissenschaftlichen Fragen der modernen Seismometrie. Dazu wird bei dem Zentralbureau eine Anzahl wissenschaftlich ausgebildeter Hilfskräfte angestellt, unter anderen einige junge Damen, die die physikalisch-mathematische Fakultät der höheren Frauenkurse in St.-Petersburg absolviert haben und die mit der höheren Mathematik und mit der Bedienung physikalischer Apparate vertraut sind.

Die Seismographen selbst, Registrierapparate etc. werden in der eigenen Werkstatt neben dem physikalischen Laboratorium der Akademie der Wissenschaften zu St.-Petersburg verfertigt.

Nach dem neuen Plan des seismischen Dienstes wird Russland folgende seismische Stationen besitzen:

1. Eine zentrale seismische Station in Pulkovo.
2. 7 Stationen ersten Ranges.
3. 18 Stationen zweiten Ranges.

Zwei von den Stationen ersten und sieben zweiten Ranges werden nicht auf Kosten der Seismologischen Kommission selbst unterhalten.

Es möge hier jetzt eine kurze Beschreibung dieser Stationen und einige Angaben über ihre frühere und neuere Ausrüstung folgen.

### **Die Zentrale Seismische Station in Pulkovo.**

Die Aufgaben dieser Station bestehen im Folgenden:

1. Sie erteilt, auf Grund eigener Erfahrungen, allen regionalen Stationen die nötigen Direktiven und Anweisungen zur unmittelbaren Führung von verschiedenartigen seismometrischen Beobachtungen.
2. Sie beschäftigt sich mit einem vergleichenden Studium verschiedener Instrumente und Beobachtungsmethoden.
3. Sie führt regelmässig seismometrische Beobachtungen inbetriff der drei Verschiebungskomponenten der Bodenbewegung und nach Möglichkeit nach mehreren Instrumenten.

Seit der Gründung befand sich diese Station bis jetzt in den Kellerräumen des Hauptgebäudes der Sternwarte.

Am Anfang war dieselbe nur eine Versuchsstation, mit der Zeit aber hat sie sich in eine regelmässig arbeitende seismische Station ausgebildet. Die Ergebnisse derselben sind bis jetzt in zwei speziellen Abhandlungen „Seismometrische Beobachtungen in Pulkovo“<sup>1</sup> veröffentlicht worden. Vom Anfang des nächsten Jahres an (1912) soll ein wöchentlicher Erdbebenbericht herausgegeben werden.

Es wurden auf dieser Station verschiedene Typen von Seismographen, nämlich auch ein Klinograph, untersucht. Zur Zeit befinden sich auf derselben drei aperiodische Horizontalpendel und ein aperiodischer Vertikalseismograph mit magnetischer Dämpfung und galvanometrischer Fernregistrierung, ausserdem noch ein 110 Kilogramm schweres Horizontalpendel mit magnetischer Dämpfung und mechanischer Registrierung.

<sup>1</sup> Siehe „Nachrichten der Seismologischen Kommission“, Bd. III. Lief. 1 und 2.

Die Beschreibung dieser Instrumente befindet sich in den Veröffentlichungen der Russischen Seismologischen Kommission.<sup>1</sup>

Noch im Laufe dieses Jahres soll diese Station, welche sich in eine zentrale seismische Station entwickelt, nach einem neu errichteten Gebäude in der Nähe der Sternwarte transferiert werden, für dessen Aufbau 29,409 Rubel bewilligt worden sind.

Dasselbe befindet sich ganz unter der Erde und hat eine Länge von etwa 28 Meter und eine Breite von etwa 13 Meter. Das Fundament liegt in einer Tiefe von etwa  $7\frac{1}{2}$  Meter. Diese Station besteht aus 4 Abteilungen. (Siehe die Fig. 1 und 2.)

Die Abteilung *A* soll die allerempfindlichsten aperiodischen Seismographen, die Abteilung *B* die entsprechenden Galvanometer und die Abteilung *D* die mechanisch registrierenden Seismographen und sonstige andere Versuchsapparate enthalten. Die Abteilung *C* zwischen *B* und *D* soll als Vorraum (Kontaktuhr, Schaltbrett etc.) dienen.

Diese Räume werden von zwei getrennten Korridoren umgeben, um eine möglichst konstante Temperatur zu sichern. Die Station ist mit Wasserheizung und elektrischer Beleuchtung versehen. Ein ziemlich kompliziertes Ventilationssystem, auf welches ich hier nicht näher eingehen werde, soll die Trocknung der Räume besorgen.

In erster Zeit sollen folgende Apparate aufgestellt werden: 4 aperiodische Horizontalpendel und 2 aperiodische Vertikalseismographen, alle mit magnetischer Dämpfung und galvanometrischer Fernregistrierung, die in zwei Gruppen eingeteilt werden sollen: die eine für grosse und die andere für eine kleinere Empfindlichkeit. In einer dieser Gruppen sollen alle drei Instrumente, nämlich zwei Horizontalpendel und ein Vertikalseismograph genau dieselbe Eigenperiode (ohne Dämpfung) haben, zum Zweck der Bestimmung des scheinbaren Emergenzwinkels der seismischen Strahlen.<sup>2</sup> Ausserdem sollen zwei schwere Horizontalpendel mit mechanischer Registrierung der früher erwähnten Art und ein mechanisch registrierender Vertikalseismograph in der Abteilung *D* montiert werden. Alle Apparate sind von Herrn MASING, Mechaniker an dem Physikalischen Laboratorium der Akademie der Wissenschaften zu St.-Petersburg gebaut worden. Es wurde dabei grosses Gewicht auf die Registrierapparate gelegt und zur Zeit ist es gelungen, äusserst gute Registrierwerke mit einem sehr gleichmässigen Gang herzustellen. Die Länge einer Minute auf der Registriertrommel soll überall 30 mm betragen.

In der unmittelbaren Nähe der seismischen Station ist ein spezielles Wohnhaus errichtet worden. In demselben befindet sich (im Grundstock) ein Laboratoriumsraum mit speziellen festen Pfeilern auf getrenntem Fundament, dann ein sehr helles Arbeitskabinet, photographisches Zimmer, ein Archiv und eine mechanische Werkstatt. Dazu kommen noch Wohnungen für zwei wissenschaftliche Hilfsarbeiterinnen, für den Mechaniker und für den Diener und zwei Zimmer für Gäste. Wasserleitung und elektrische Beleuchtung (in Zukunft).

Das jährliche Budget der zentralen seismischen Station in Pulkovo beträgt 8500 Rubel.

### Das Stationsnetz ersten Ranges für Erdbebenforschung.

Bis jetzt besaßen seismische Stationen ersten Ranges Tiflis, Irkutsk, Taškent, Juriev (Dorpat) und Baku (Nobel'sche Station). Alle dort befindlichen Apparate waren ungedämpft. Nur seit dem vorigen Jahre (1910) bekamen Tiflis und Irkutsk je ein 110 Kilogramm schweres Horizontalpendel mit magnetischer Dämpfung.

<sup>1</sup> Siehe „Über ein neues aperiodisches Horizontalpendel mit galvanometrischer Fernregistrierung“. Nachrichten der Seismologischen Kommission (Comptes-rendus des séances de la Commission sismique permanente). T. IV. Livr. 1.

„Über einen neuen Seismographen für die Vertikalkomponente der Bodenbewegung“. L. c. T. IV. Livr. 2.

„Über ein neues schweres Horizontalpendel mit mechanischer Registrierung für seismische Stationen zweiten Ranges“. L. c. T. III. Livr. 3.

<sup>2</sup> Siehe meinen Aufsatz „Beobachtungen über die Vertikalkomponente der Bodenbewegung“. Bulletin de l'Académie Impériale des sciences de St.-Petersbourg 1911. No. 14.

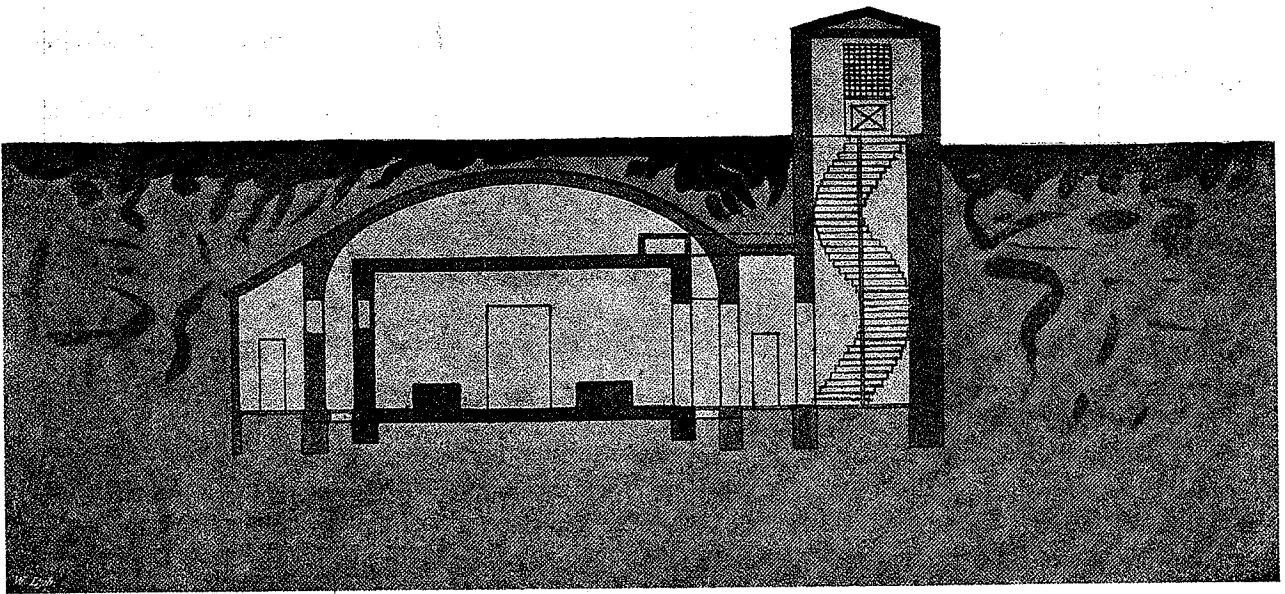


Fig. 1.

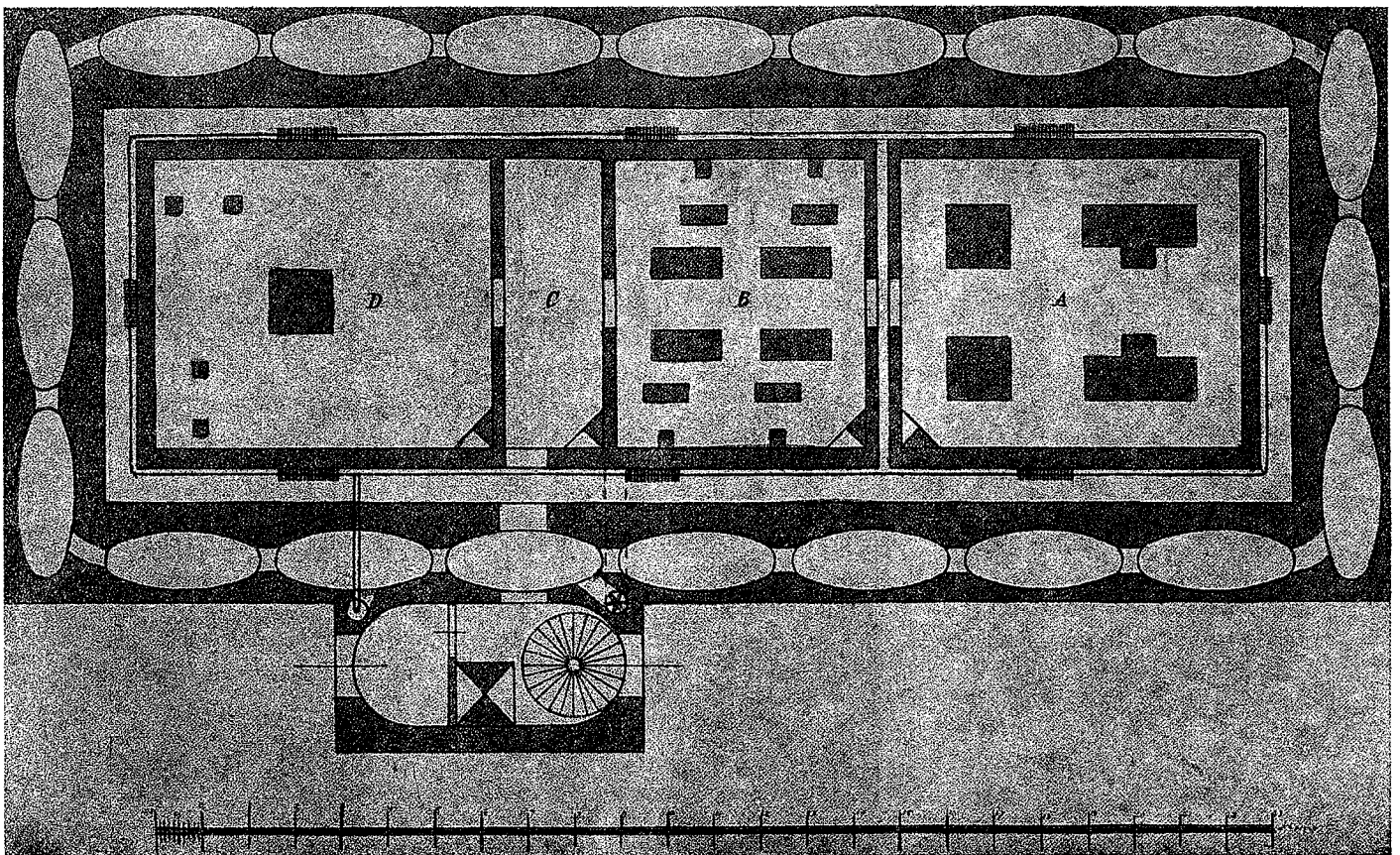


Fig. 2.

Die auf diesen Stationen aufgestellten Apparate waren die folgenden:

*Tiflis.*

Ein Horizontalpendelapparat nach Rebeur-Ehlert für drei Komponenten. [Länge einer Minute  $\lambda = 2^m/m$ , Masse  $M = 75$  Gramm]. Optische Registrierung.

Ein Horizontalpendel nach Milne. [ $M = 230$  gr.,  $\lambda = 1^m/m$ ].

Zwei schwere Horizontalpendel nach Zöllner. [ $M = 14$  kgr. und  $40$  kgr.,  $\lambda = 15^m/m$ ].<sup>1</sup>

Ein Vertikalpendel für zwei Komponenten nach Cancani [ $M = 300$  kgr.,  $\lambda = 70^m/m$ ].

Vier Horizontalpendel nach Omori-Bosch [ $M = 10$  kgr.,  $\lambda = 15^m/m$ ].

Alle Apparate befanden sich in dem Gebäude des meteorologischen Observatoriums.

*Irkutsk.*

Zwei leichte Horizontalpendel nach Zöllner-Repsold (optische Registrierung)

Zwei Horizontalpendel nach Omori-Bosch.

Ein Horizontalpendel nach Milne.

Die Apparate wurden in einem speziell dazu errichteten, halbunterirdischen Gebäude bei dem meteorologischen Observatorium aufgestellt.

*Taschkent.*

Zwei leichte Horizontalpendel nach Zöllner-Repsold (optische Registrierung), in einem speziellen Gebäude bei der Sternwarte.

Ein Horizontalpendel nach Milne.

Zwei Horizontalpendel nach Omori-Bosch.

*Juriev (Dorpat).*

Zwei leichte Horizontalpendel nach Zöllner-Repsold (optische Registrierung), in einem tiefen Keller unter dem Domburg bei der Sternwarte.

Ein schweres Zöllnersches Pendel mit mechanischer Registrierung in dem grossen Keller unter der Sternwarte.

*Baku.*

Zwei leichte Horizontalpendel nach Zöllner-Repsold (optische Registrierung,  $\lambda = 3^m/m$ ), in einem speziell dazu errichteten Gebäude.

Nur die seismische Station in Baku hatte bis jetzt einen speziellen Angestellten, welcher die Station leiten musste, während die Beobachtungen an den anderen Stationen dem wissenschaftlichen Personal der entsprechenden Observatorien anvertraut wurde. Dasselbe war aber so mit anderen Aufgaben beschäftigt, dass es der eigentlichen Seismometrie recht wenig Zeit widmen konnte.

Nach dem neuen Gesetz werden jährlich zur Unterhaltung von fünf Stationen ersten Ranges 16,500 R., d. h. 3300 R. pro Station bewilligt, darunter 1800 R. als Gage für einen speziellen wissenschaftlichen Mitarbeiter und 1300 R. für die Ausgaben der Station selbst (photographisches Papier, Beleuchtung, Chemikalien etc.). Ausserdem wurde ein Kredit von 15,000 R. zur Anschaffung von Instrumenten zur Verfügung gestellt.

Als Ergänzung des schon vorhandenen Netzes sollen zwei neue seismische Stationen ersten Ranges in Ekaterinburg und Vladivostok gegründet werden.

Die seismische Station in Juriev soll nicht mehr dem eigentlichen Netz der Stationen ersten Ranges angehören, da sie so nahe zu Pulkovo liegt; es wird ihr aber eine spezielle und sehr wichtige Aufgabe, nämlich die Untersuchung der Deformation der Erde unter dem Einfluss der Attraktion von Sonne und Mond, anvertraut. Es kommt aber eine neue Station ersten Ranges der Bergindustriellen Süd-Russlands in Makëjevka hinzu, wo zwei neue Räumlichkeiten errichtet worden sind, die eine für die Seismographen und die andere für die Galvanometer mit Registrierapparaten. Diese Station ist bereits seit Mai dieses Jahres (1911) in Tätigkeit.

<sup>1</sup> Bei dem schwereren  $T =$  ca. 100 Sek.

Somit werden im ganzen in Russland, ausser Pulkovo, 7 Stationen ersten Ranges, nämlich Tiflis, Irkutsk, Taškent, Ekaterinburg, Vladivostok, Baku und Makëjevka funktionieren. Die zwei letzten sind Privatstationen. Alle diese Stationen sind auf der beigegebenen Karte (im Anhang) durch grössere rote Kreise gekennzeichnet.

Was nun die Instrumente anbelangt, so sollen alle diese 7 Stationen mit aperiodischen Seismographen der Pulkovoer Art, mit galvanometrischer Fernregistrierung, nämlich mit zwei Horizontalpendeln und einem Vertikalseismographen, ausgerüstet werden. Ausserdem sollen auf einigen von diesen Stationen auch die früher erwähnten, weniger empfindlichen schweren Horizontalpendel mit magnetischer Dämpfung und mechanischer Registrierung aufgestellt werden.

Die Stationen von Tiflis, Irkutsk, Taškent, Makëjevka und Baku sollen ganz zuerst mit den neuen Instrumenten in Tätigkeit treten. Ekaterinburg und Vladivostok werden erst später hinzutreten.

Zur Ausbildung des entsprechenden wissenschaftlichen Personals für die verschiedenen seismischen Stationen sowie für verschiedene theoretische Arbeiten bei dem Zentralbureau selbst, sind in diesem Jahr spezielle Vorlesungen über Seismometrie (89 Stunden) und über Seismologie vom Standpunkte der Geologie (10 Stunden) von zwei Mitgliedern der Seismologischen Kommission gehalten worden. Auch einige Privatpersonen haben an diesen Vorlesungen teilgenommen. Diese Vorlesungen wurden durch ein seismometrisches Praktikum (Untersuchung von Seismographen, verschiedene Konstantenbestimmungen, Bearbeitung von Seismogrammen) ergänzt.

Jede seismische Station ersten Ranges, so wie die Pulkovoer Zentralstation, soll einen speziellen wöchentlichen Erdbebenbericht herausgeben, welcher einigen seismischen Stationen in Russland und im Auslande regelmässig zugeschickt werden soll.

Die Eigentümlichkeit dieser Berichte wird darin bestehen, dass die Momente der Maxima der Bodenbewegung in der Maximalphase eines Bebens auf die Verspätung in den Angaben der Instrumente korrigiert werden sollen; somit werden die Momente der Maxima der wahren *Bodenbewegung* angegeben, wobei die Amplituden durch die Vorzeichen + und — unterschieden werden sollen: (+) bedeutet eine Bodenverschiebung nach Norden, Osten und nach oben, (—) nach Süden, Westen und nach unten.

Ausserdem werden viermal täglich, nämlich um 0<sup>h</sup>, 6<sup>h</sup>, 12<sup>h</sup> und 18<sup>h</sup> mittlerer Greenwicher Zeit, die Perioden und Amplituden der mikroseismischen Bewegungen erster Art gegeben.

Zum Schluss sei bemerkt, dass die Stationen von Makëjevka und Baku noch spezielle Aufgaben verfolgen sollen. Auf der ersten soll die Beziehung zwischen seismischen Störungen und Entweichung von Grubengas und auf der zweiten der Zusammenhang zwischen Bodenunruhe und Naphtaquellen näher untersucht werden.

### Das Netz der seismischen Stationen zweiten Ranges.

Die seismischen Stationen zweiten Ranges haben die Aufgabe die Bodenbewegungen hauptsächlich in verschiedenen Schüttergebieten näher zu verfolgen. Dazu sind sie auch mit weniger empfindlichen Instrumenten ausgerüstet.

In der letzten Zeit waren folgende Stationen tätig:

*Im Kaukasus:* Achalkalaki, Boržom, Zurnabat, Šemacha, Batum, Pjatigorsk und Balachany (Nobelsche Station mit 2 Zöllner-Repsoldschen Pendeln).

*In der Baikäl-Gegend:* Kabansk, Marituj.

Ausserdem noch Ekaterinburg.

Die erwähnten Stationen, mit Ausnahme von Pjatigorsk und Marituj besaßen nur die ungedämpften Omori-Boschschen oder Zöllnerschen Pendel. In Pjatigorsk wurden provisorisch zwei Zöllnersche Horizontalpendel mit magnetischer Dämpfung und in Marituj ein kleines Wiechertsches astatiches Pendel aufgestellt.

Diese Stationen bekamen jährlich zu ihrem Betriebe nur je 200 Rbl., darunter 50 Rbl. zur Verarbeitung von Seismogrammen.



Dieser Zustand erwies sich als ganz und gar unzutreffend. Infolgedessen hat die Russische Seismologische Kommission eine volle Reorganisation dieser Stationen vorgenommen. Dieselben sollen nämlich alle gedämpfte Apparate bekommen, und die Beobachter, die fast alle freiwillige Mitarbeiter sind, einen kleinen Geldersatz erhalten.

Die Frage nach der Verteilung der Stationen wurde einer eingehenden Besprechung unterzogen und nach den Angaben des Geologischen Komitees wurden die Orte für 10 seismische Stationen zweiten Ranges gewählt, wobei auf die Registrierung der seismischen Störungen in Turkestan besonders Gewicht gelegt wurde. Alle diese 10 Stationen der Seismologischen Kommission sollen in bekannten Schüttergebieten sich befinden.

Dazu kommen noch 7 andere seismische Stationen hinzu, die von anderen Institutionen oder Privatpersonen eingerichtet sind; dieselben sind auf der beigegebenen Liste durch einen \* unterschieden.

Somit wird Russland, ausser der Station in Juriev, welche eine ganz spezielle Aufgabe verfolgt, 17 Stationen zweiten Ranges haben.

Nämlich:

1. P. Alexandrovskij (Sachalin).
  2. Petropavlovsk (Kamtchatka).
  3. Kabansk
  - \* 4. Marituj
  5. Barnaul (Altai).
  6. Věrnij
  7. Samarkand
  8. Oš
  9. Kašgar (Chinesisch-Turkestan).
  10. Zurnabat
  11. Šemacha
  - \* 12. Pjatigorsk
  - \* 13. Boržom
  - \* 14. Balachany
  - \* 15. N.-Olčedaevo (Podolien).
  - \* 16. Tomsk
  - \* 17. Omsk
- (In der Baikal-Gegend).
- (Russisch-Turkestan).
- (Kaukasus).
- (West-Sibirien).

Alle diese Stationen sind auf der beiliegenden Karte durch kleine blaue Kreise gekennzeichnet.

Die 10 Stationen der Seismologischen Kommission, mit Ausnahme von Barnaul, werden in speziell dazu errichteten Gebäuden, die teils halbunterirdisch sind, eingerichtet.

Alle diese 17 Stationen sollen je zwei schwere Horizontalpendel mit magnetischer Dämpfung (Dämpfungsverhältnis etwa 4—5) und mechanischer Registrierung der früher erwähnten Art bekommen; ausserdem noch einen magnetisch gedämpften und mechanisch registrierenden Vertikalseismographen.

Derselbe soll ein vereinfachtes Modell des Pulkovoer aperiodischen Vertikalseismographen (mit galvanometrischer Registrierung) sein, wobei aber die Masse desselben bedeutend grösser genommen wird.

Es ist dem registrierenden Teil der Seismographen besondere Aufmerksamkeit gewidmet worden. Auch alle seismischen Stationen zweiten Ranges sollen möglichst gute Registrierapparate bekommen, auf welchen die Länge einer Minute, wie auf den Stationen ersten Ranges, 30 mm betragen soll.

Überall sollen gute Uhren, von der Firma Strasser & Rohde bezogen, aufgestellt werden.

Die Uhrkorrekturen sollen auf den Kaukasischen und Russisch-Turkestanischen Stationen mit Hilfe von telegraphischen Signalen von den Zentral-Observatorien in Tifis und Taškent täglich bestimmt werden. Auf den anderen Stationen sollen dieselben aus direkten astronomischen Beobachtungen ermittelt werden; dazu ist eine Anzahl kleiner Passage-Instrumente bestellt worden.

Die Verarbeitung der Seismogramme von den Stationen zweiten Ranges soll in dem Zentral-Bureau selbst in Petersburg vorgenommen werden. Die entsprechenden Resultate sollen zweimal jährlich, zusammen mit den Ergebnissen der Stationen ersten Ranges, veröffentlicht werden.

### **Andere wissenschaftliche Aufgaben.**

Ausser der allgemeinen Leitung und Organisation des seismischen Dienstes in Russland beschäftigt sich das Zentral-Bureau der Seismologischen Kommission zur Zeit mit der Organisation von drei Arten spezieller wissenschaftlicher Unternehmungen, nämlich: 1. einer systematischen Untersuchung des Lebenslaufes intermittierender Quellen in ihrer Abhängigkeit von lokalen seismischen Störungen, 2. der Beobachtungen über die Deformation des Erdkörpers unter dem Einflusse der Anziehung von Sonne und Mond, 3. geodätischer, topographischer und gravimetrischer Untersuchungen im Schüttergebiet des russischen Turkestan.

Das Programm dieser verschiedenen Untersuchungen möge kurz angeführt werden.

Vor einigen Jahren hat Dr. MOLDENHAUER einen Zusammenhang zwischen gewissen Störungen in der regelmässigen Intermittenz des Ekaterinen-Brunnens in Boržom mit der seismischen Tätigkeit in dem Kaukasus festgestellt, wobei es sich herausgestellt hat, dass öfters die Störung in der Intermittenz dieser Quelle einige Stunden dem Auftreten eines Bebens vorangeht. Diese Tatsache würde, wenn sie durch weitere Untersuchungen bestätigt wird, eine sehr grosse theoretische und praktische Bedeutung haben, da sie uns einen neuen Weg zu einer wissenschaftlichen seismischen Prognose eröffnet. Wegen ihrer ausserordentlichen Wichtigkeit wurde die Frage von der Seismologischen Kommission und dem Geologischen Komitee einer eingehenden Besprechung unterzogen und es wurde folgendes Programm für die Untersuchung intermittierender Quellen in Zusammenhang mit der seismischen Tätigkeit festgelegt:

1. Chemische Analyse des Wassers verschiedener Mineralquellen und seiner Niederschläge in einer bestimmten Gegend, sowie die Analyse der im Wasser enthaltenen und aus demselben entweichenden Gase. Diese Analysen sollen auch auf die seltenen Elemente erstreckt werden.

2. Wiederholung aller dieser detaillierten Analysen alle 3—5 Jahre oder früher, wenn eine Kontrollanalyse auf die Änderung der Zusammensetzung irgend einer dieser Mineralquellen hingedeutet hat.

3. Systematische, wöchentliche Kontrollanalyse jeiner Quelle von jedem Typus, nämlich die Bestimmung zweier ihrer Hauptbestandteile. Solche vereinfachte Analysen sollen alle drei Monate einmal für alle Quellen vorgenommen werden, z. B. am 1. Januar, 1. April, 1. Juni und 1. Oktober.

4. Automatische, fortlaufende Registrierung der Wasserabgabe der Quellen.

5. Registrierung der Niveauschwankungen der Quellen mit Hilfe von Limnigraphen dort, wo die technischen Verhältnisse es gestatten.

6. Systematische Registrierung der Temperatur der Quellen in einer bestimmten Tiefe unter der Erdoberfläche mit Hilfe von elektrischen Thermographen. Tägliche, einmalige Kontrollbestimmung derselben Temperatur mit Hilfe eines Quecksilberthermometers.

7. Untersuchung der physikalischen Eigenschaften der Quellen in bestimmten Zeitintervallen: Radioaktivität, Leitungsfähigkeit, osmotischer Druck usw.

8. Untersuchung der physikalischen Eigenschaften der Wasserniederschläge der Quellen, der aus denselben entweichenden Gase und der in der Nachbarschaft der Quellen sich befindenden Gesteine.

9. Systematische Untersuchung über die Quanten der entweichenden Gase.

10. Beobachtungen über die Intermittenz der Quellen mit Hilfe von selbstregistrierenden Instrumenten.

11. Beobachtungen über die Temperatur der Erdschichten in verschiedenen Tiefen.

12. Zusammenhang der früher erwähnten Faktoren mit meteorologischen und seismischen Erscheinungen.

Alle diese Beobachtungen sollen nach einheitlichen Methoden vorgenommen werden unter Angabe aller derjenigen Bedingungen, unter welchen die betreffenden Beobachtungen gemacht worden sind.

Diese Beobachtungen sollen sich nicht nur auf Mineralquellen beschränken, sondern auf diejenigen Süsswasser-Quellen, welche mit Mineralquellen im Zusammenhang stehen, ausgedehnt werden.

Es sind zur Zeit in der mechanischen Werkstatt bei dem Physikalischen Laboratorium der Akademie der Wissenschaften zu St.-Petersburg zwei spezielle Apparate zur fortlaufenden Registrierung der Wasserabgabe und Druckschwankungen in der Tiefe einer Quelle konstruiert worden.

Diese Beobachtungen sollen zunächst bei der Ekaterinenquelle in Boržom vorgenommen werden. Das freundliche Entgegenkommen des Grossfürsten NIKOLAJ MICHAJLOVIČ, des Gutsbesitzers von Boržom, welcher die nötigen Geldmittel zur Verfügung gestellt hat, wird die Ausführung dieses Programms wesentlich erleichtern.

Später werden hoffentlich diese Beobachtungen auch auf eine Quelle in Essentuki in der Pjatigorskens Mineralgruppe angestellt.

Da uns zuweilen aus Schüttergebieten Nachrichten zugegangen sind, dass vor dem Auftreten eines Bebens das Niveau einiger Brunnen gewisse Änderungen erfuhr, so hat die Seismologische Kommission beschlossen, diese Frage mit Hilfe von Limnigraphen an zwei heissen Brunnen in Fergana und Semirěċje näher zu verfolgen.

Was nun die Beobachtungen über die Deformation der Erde unter dem Einfluss der Mondattraktion anbelangt, so hat bekanntlich schon ORLOV mit der Unterstützung der Seismologischen Kommission sehr wichtige Beobachtungen in Jurjev (Dorpat) darüber angestellt.

Diese Untersuchungen sollen nun weiter verfolgt werden, wozu eine bestimmte Summe zur Verfügung gestellt wurde.

Ausser Jurjev sollen ähnliche Beobachtungen im Innern des Russischen Reiches möglichst weit von grossen Wasserbassins, vermutlich in Tomsk, vorgenommen werden.

Diese Untersuchungen entsprechen vollkommen dem Wunsch, welcher von der Internationalen Seismologischen Assoziation während ihrer Tagung in Manchester im Juli dieses Jahres (1911) ausdrücklich ausgesprochen wurde.

Die dritte Gruppe von Untersuchungen bezieht sich auf geodätische, topographische und gravimetrische Messungen im Gebiete des jüngst stattgefundenen grossen Semirěċje-Bebens vom 3/4. I 1911.

Es ist eine bekannte Tatsache, dass jede grosse seismische Katastrophe von gewissen Restverschiebungen der Erdoberfläche in horizontaler und vertikaler Richtung begleitet wird.

So hat z. B. SUGIAMO in Japan nach dem grossen Erdbeben im Jahre 1891 eine genaue Nivellierung zwischen dem Epizentrum und vier Punkten, welche ausserhalb des Epizentralgebiets sich befanden, durchgeführt und mit früheren Messungen verglichen. Es ergaben sich dabei Niveauänderungen von + 30 bis — 70 cm mit einem wahrscheinlichen Fehler von etwa  $\pm 3$  cm.

Da nun die Möglichkeit vorliegt, dass nach einigen Jahren die Semirěċje-Gegend von einem neuen zerstörenden Erdbeben heimgesucht wird, so ist beschlossen worden, nach Möglichkeit eine genaue Nivellierung in der Nähe des Issyk-Kul Sees vorzunehmen und eine Anzahl Niveaumarken aufzustellen.

Um die horizontalen und vertikalen Verschiebungen der Erdoberfläche zu bestimmen, sollen ausserdem einer ausgeprägten tektonischen Linie entlang auf beiden Seiten derselben paarweise Marken errichtet werden (kleine Säulen), die unter einander und, wenn möglich, mit einem trigonometrischen Netz, welches das pleistoseistische Gebiet des letzten Semirěċje-Bebens umfassen soll, verbunden werden.

Ausserdem sollen in verschiedenen Punkten derselben Gegend relative Schweremessungen mit dem Eötvösschen Gravimeter vorgenommen werden, um dieselben nach einem neuen Erdbeben nochmals zu wiederholen. Es ist zu hoffen, dass dieses Gravimeter infolge seiner sehr hohen Empfindlichkeit imstande sein wird, gewisse Massenverschiebungen im Erdinnern nachzuweisen.

Ein solches Instrument, für Reisezwecke eingerichtet hat die Seismologische Kommission bestellt. Es sollen an demselben gewisse Verbesserungen, auf welche PROF. HECKER aufmerksam gemacht hat, angebracht werden.

Die Beobachtungen mit demselben sollen erst später gemacht werden, nämlich erst dann, wenn die verschiedenen erschütterten Erdmassen ihre endgiltige Gleichgewichtslage angenommen haben.

Aus diesem kurzen Bericht wird man wohl ersehen, dass die Tätigkeit der Russischen Seismologischen Kommission nach verschiedenen Richtungen sich entwickelt, das Hauptgewicht aber wird auf die planmässige Entwicklung des regulären seismischen Dienstes gelegt. Es wird jedoch immer eine gewisse Zeit vergehen, bis die Reorganisation des seismischen Dienstes in Russland vollendet sein wird, es sollen aber schon sehr bald einige seismische Stationen ersten und zweiten Ranges mit neuen gedämpften Instrumenten in Tätigkeit treten.

## Rapport sur le service sismologique en Serbie pour les années 1909—1911.

Pendant ces deux dernières années, depuis la réunion à Zermatt, l'organisation des études sismologiques en Serbie, dans l'Institut géologique de l'Université de Belgrade, s'est développée dans les directions suivantes:

### I. Phénomènes macrosismiques:

1. Les renseignements sur les phénomènes macrosismiques en Serbie ont été recueillis régulièrement en tout de la façon exposée dans les rapports précédemment présentés aux réunions de la Haye (1907) et de Zermatt (1909). Outre les travaux courants, nous avons commencé les travaux d'élaboration d'une carte sismologique de la Serbie, carte qui sera publiée dans une publication séparée, le travail une fois terminé. Nous avons éprouvé pas mal de difficultés dans le recueillement des renseignements sur les phénomènes macrosismiques dans la Turquie d'Europe; pourtant, nous sommes parvenus à recueillir des renseignements sur les secousses les plus importantes constatées dans les régions de la Vieille Serbie et de la Macédoine. Ces renseignements seront publiés dans le catalogue annuel.

2. La sismicité des régions du Royaume de Serbie, pendant les 10 dernières années (1901—1910) a été assez grande et présente le caractère d'un territoire penesismique, ainsi qu'on le voit ci-dessous dans le tableau sommaire de statistique des secousses constatées:

	Nombre		Pour cent		Intensité (I—XII)		
	de jours à secousse	de secousses	de jours	de secousses	Max.	Min.	Moyenne
1901	21	38	4·61	4·444	VIII	III	4·9
1902	13	19	2·85	2·264	VIII	III	4·2
1903	11	18	2·41	2·234	V	III	3·7
1904	58	152	12·75	16·984	X	II	4·2
1905	56	147	12·31	16·434	VIII	II	3·5
1906	47	105	10·33	11·814	VIII	II	4·3
1907	75	144	16·49	16·104	VIII	II	3·8
1908	41	67	9·01	7·634	VI	II	4·2
1909	35	46	7·69	5·324	VI	II	3·4
1910	98	150	21·55	16·764	VI	II	3·2
1901—1910	455	886	(100·00)	(100·000)	—	—	3·94

Les tableaux détaillés se trouvent dans les catalogues annuels.

Ces secousses ne se sont manifestées, pour la plupart, que dans certaines régions du Royaume, présentant en général un caractère autochtone, sauf quelques-unes provenant des épicentres des pays

voisins, surtout de la région du Balkan occidental, de la masse de Rhodope, de la collision déviante des montagnes dinaro-alpines et albanaises, ainsi que des régions des Carpathes occidentaux. Les secousses autochtones dans la Serbie même ont fait découvrir quelques régions sismiques très actives dont il sera parlé dans une publication spéciale.

## II. Phénomènes microsismiques:

1. Au mois de juillet 1910 a été commencée l'installation des instruments dans l'Observatoire sismologique nouvellement bâti et dont la description sommaire et le plan détaillé avaient été communiqués à la réunion de Zermatt en 1909. L'enregistrement instrumental des phénomènes sismiques a été commencé le 1<sup>er</sup> août 1910 et se poursuit sans discontinuer, et, depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1911, se fait la publication hebdomadaire des rapports sur les sismes enregistrés. Ces rapports sont communiqués à tous les instituts sismologiques qui nous ont fait savoir être prêts à entretenir avec notre organisation des rapports plus suivis au moyen d'échange réciproque des publications correspondantes.

2. Sur la proposition de l'Institut géologique, la Direction des Postes et Télégraphes Serbes a accordé, au commencement du janvier dernier, la franchise à tous les télégrammes sismologiques adressés par notre Service Sismologique aux instituts similaires à l'étranger. De cette façon est rendue possible la correspondance télégraphique avec les instituts qui ont besoin de semblables communications. Cette correspondance télégraphique est actuellement entretenue avec les instituts de Laibach, Agram et Jugenheim, au moyen des chiffres convenus. Pour les communications télégraphiques adressées à notre Service la même décision favorable a été prise par la Direction des télégraphes autrichiens et par la Direction des télégraphes hongrois. Notre Service leur exprime ici sa reconnaissance la plus vive pour l'empressement qu'elles ont mis à accorder leur appui à notre œuvre. Il n'est pas même nécessaire de faire ressortir le besoin d'une correspondance télégraphique entre les instituts sismologiques. Il serait à désirer de la voir s'étendre à tous les instituts, ou au moins à voir tous les instituts correspondre avec une Centrale. Celle-ci entretiendrait la correspondance télégraphique avec les principaux instituts des états de la confédération sismologique, pareillement aux communications établies pour les observations météorologiques.

3. L'enregistrement des sismes se fait pour le moment selon la méthode d'enregistrement mécanique:

a) Au moyen des sismographes „Luckmann“, pour les composantes horizontales, construit dans l'Observatoire sismologique de M. BELAR, à Laibach. La description de ces appareils sera donnée dans une publication spéciale. Nous nous bornons à remarquer que les appareils „Luckmann“ sont construits sur le type du pendule labile (Wiechert) dont la masse de 300 kg repose sur de solides lamelles en acier élastique. C'est pourquoi il existe deux appareils identiques séparés, placés sous un angle de 90°, de façon que l'un sert comme composante NS et l'autre comme composante EW. La transmission des oscillations et leur enregistrement s'opèrent comme dans l'appareil de WIECHERT. Sur l'un des deux appareils se trouve placé un amortissement à huile pour l'étude comparative des appareils mêmes. Cependant, nous avons prévu un amortissement permanent selon le principe du PRINCE GALITZINE.

b) Pour la composante verticale, nous avons pris, pour le moment, un pendule horizontale de VICENTINI, modifié d'après M. BELAR („Stossmesser“). Selon l'expérience acquise jusqu'ici, cet instrument ne fonctionne que par les secousses peu éloignées et assez fortes.

c) Comme appareil secondaire, pour des secousses toutes proches, nous employons le sismoscope de M. AGAMENNONE „à double effet“, dont le fonctionnement s'est montré très bon, car il a indiqué des secousses provenant des épïcêtres éloignés de Belgrade jusqu'à 500 km. De pareils instruments seront installés dans plusieurs des régions sismiques les plus actives de la Serbie.

4. Dans le courant de l'été 1911 nous commencerons aussi l'enregistrement selon la méthode photographique, au moyen d'un pendule Ehlert à amortissement aérien. Nous sommes en train

d'achever la construction d'une chambre noire où sera installé cet instrument. La distance entre le miroir de l'instrument et l'enregistreur sera d'environ 6 m.

5. De même, nous ferons installer dans le courant de l'été, un sismographe d'après M. CONRAD à amortissement à huile et à enregistrement mécanique, pour l'enregistrement des composantes horizontales des secousses proches et locales. Cet appareil fait un ensemble avec le susdit „Stossmesser“.

6. Nous avons projeté l'acquisition d'un nouveau type de sismographe pour la composante verticale par le PRINCE B. GALITZINE. Cet appareil, avec ceux de „Luckmann“, doit faire un ensemble pour l'enregistrement des secousses lointaines et rapprochées. En outre, nous avons projeté l'acquisition d'un grand sismographe Wiechert original.

7. La détermination de l'heure se fait, pour les contacts à minutes, au moyen d'une pendule Wiechert, fournie par la maison SPINDLER et HOYER de Göttingue. Cet appareil fonctionne très bien. Comme pendule étalon nous avons un appareil RIEFLER type A<sup>2</sup>, DRP. No. 50739 No. 204 et DRP. No. 100870, 1909, fourni par la maison CLEMENS RIEFLER de Munich. Il est contrôlé indirectement au moyen de la pendule astronomique. La détermination de l'heure précise fait la plus grosse difficulté dans notre Service Sismologique, car, malheureusement, le service régulier de méridien ne se fait ni dans l'Observatoire astronomique de l'Université ni dans l'Observatoire astronomique militaire.

La salle des instruments s'est montrée très appropriée pour les instruments sismologiques. Elle est complètement isolée de la plus forte possible circulation de rue et des changements de température. Pour les constatations de la température, humidité et pression se trouvent installés, dans la salle, outre les instruments directs: le psychromètre, les thermomètres à maximum et à minimum et un baromètre, fournis par la maison R. FUESS, de Steglitz près Berlin, ainsi qu'un thermographe, un hygrographe et un barograph, fournis par la maison JULES RICHARD, de Paris. Les thermomètres n'indiquent aucune variation de température dans la journée, parfois même dans le courant de toute une semaine; la variation annuelle aussi est insignifiante. Elle ne sera déterminée que dans le courant de l'année.

### III. Publications:

Le Service Sismologique édite trois sortes de publications: annuelles (imprimées), mensuelles et hebdomadaires (autocopiées), à savoir:

1. La publication annuelle: „*Die Erdbeben in Serbien*“ contient une revue systématique, définitivement établie, des phénomènes macrosismiques constatés en Serbie au cours de l'année, et, en outre, le catalogue détaillé des secousses de la même année. La publication est en tout conforme au programme publié dans le rapport présenté à la réunion de la Haye en 1907. A partir de 1911 les analyses détaillées des sismogrammes y seront publiées aussi. Ont paru jusqu'ici les publications pour les années 1901 à 1907; sont prêtes pour l'impression les années 1908 et 1909.

2. La publication mensuelle: „*Bulletin sismique mensuel*“ contient la revue mensuelle des secousses macrosismiques constatées en Serbie et, suivant les renseignements recueillis, de la Macédoine et de la Vieille Serbie. Les localités épacentriques y sont seules indiquées avec les renseignements les plus importants sur chacun des sismes constatés. Les rapports mensuels sont publiés, jusqu'ici jusqu'au mois de juin 1911 inclusivement.

3. La publication hebdomadaire: „*Observations microsismiques*“ contient les analyses préliminaires des sismes enregistrés selon la nomenclature de Göttingue (Wiechert). Les analyses détaillées seront publiées dans la publication annuelle correspondante. Jusqu'ici, nous avons publié les analyses préliminaires de 67 sismes d'une certaine importance, jusqu'au 8 juillet inclusivement.

### IV. Rapports avec les autres Instituts sismologiques:

Le Service Sismologique entretient des rapports réguliers télégraphiques avec les instituts de Laibach, Zagreb (Agram) et Jugenheim. En outre il entretient des rapports par voie de corres-

pondance et échange de publications, avec les instituts sismologiques suivants: *Allemagne*: Aachen, Göttingue, Hamburg, Jugenheim, Königsberg i. Pr., Leipzig, München, Potsdam, Strassburg i. E.; *Autriche*: Graz, Krakau, Laibach, Lemberg, Pola, Triest, Wien; *Belgique*: Uccle; *Bosnie*: Sarajevo; *Bulgarie*: Sofia; *Canada*: Ottawa; *Chile*: Santiago; *Chine*: Zi-Ka-Wei; *Croatie*: Zagreb (Agram); *Espagne*: Barcelona, Cartuja, Ebro; *États-Unis de l'Amérique du Nord*: Cleveland (Ohio), Manila (Philipp.), St. Louis (Mo.); *France*: Besançon, Paris; *Grande Bretagne*: Valleta (Malta), Victoria (Australie); *Grèce*: Athènes; *Hongrie*: Budapest; *Italie*: Bologna, Capannoli (Pisa), Firenze (Ximignano), Ischia, Messina, Milano, Mileto, Mineo, Moncalieri, Montecassino, Rocca di Papa, Roma, Valle di Pompei, Venezia; *Japon*: Tokyo; *Mexique*: Mexico, Tacubaya; *Norvège*: Bergen; *Pays-Bas*: Batavia (Java); *Portugal*: Coïmbra, Lisboa; *Roumanie*: Bucarest; *Russie*: Odessa, St. Pétersbourg, Tiflis; *Suisse*: Zürich; *Turquie*: Beyrouth.

Belgrade, le 10 juillet 1911.

L'Adjoint sismologue:

PROF. J. MIHALOVIĆ.

Le Directeur de l'Institut géologique:

S. RADOVANOVICH,  
professeur à l'Université.



## Rapport sur le Service sismologique en Suisse pendant l'année 1910.

La collecte des observations macrosismiques continue par les soins de la Commission sismologique de la Société helvétique des Sciences naturelles, président PROF. DR. J. FRÜH à Zurich. Le rapport succinct est publié chaque année dans les „Annales de l'Institut central de météorologie à Zurich.“

Nous avons enfin le plaisir d'annoncer l'achèvement de l'Observatoire sismologique du Degenried, sur une hauteur du Zurichberg, à Zurich. Cet observatoire est muni de deux appareils d'enregistrement continu :

1° Un sismographe horizontal à deux composantes, système Mainka. Poids des masses 445 kg, période 6 secondes, aggrandissement 150, vitesse d'enregistrement 30 mm par minute.

2° Un sismographe vertical, système Wiechert; masse 90 kg, tension du ressort 180 kg; période 5 secondes; même aggrandissement, même vitesse d'enregistrement que pour le Mainka.

Le service de l'heure est fourni par l'Observatoire astronomique de Zurich.

L'Observatoire du Degenried est placé sous la surveillance de l'Institut central de météorologie à Zurich; il est entré en activité en juin 1911.

Manchester, 18 juillet 1911.

F. A. FOREL.

## Note concernant l'adhésion probable de la République Argentine à l'Association internationale de sismologie.

Par

L. PALAZZO.

Messieurs, j'ai le plaisir de vous faire une déclaration qui ne manquera peut-être pas d'attirer votre intérêt.

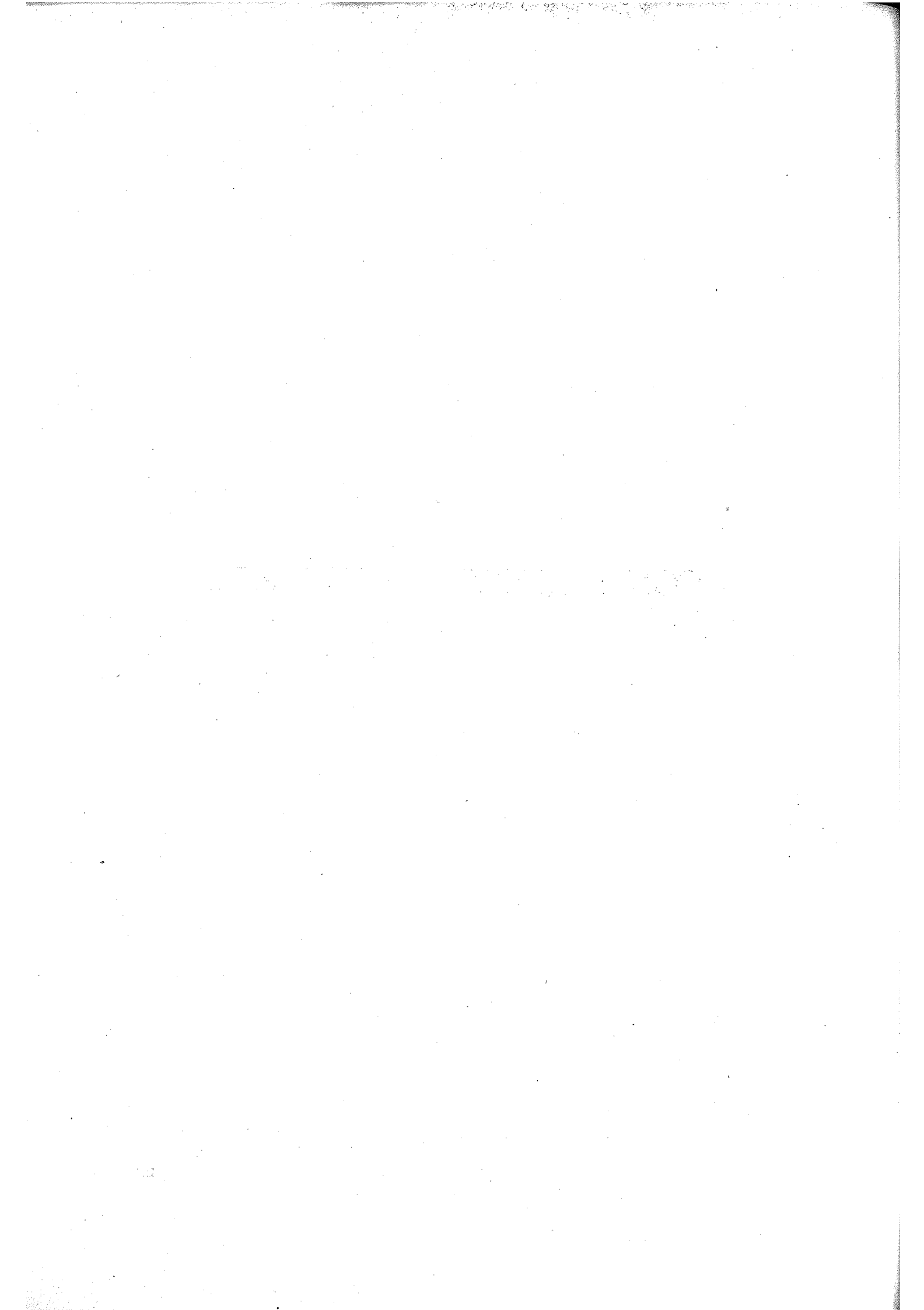
J'avais toujours espéré que le nombre des États, membres de l'Association, qui se maintient depuis assez longtemps au nombre de 22, augmentât. Grâce à mes relations personnelles, j'avais cherché naguère, comme Président de la Commission permanente, à nous affilier la République Argentine. Vu les liens bien connus qui attachent l'une à l'autre, l'Italie et la République Argentine, j'aurais tenu à ce que la déclaration d'adhésion eût lieu sous ma présidence, mais alors l'affaire ne prenait pas encore une tournure favorable.

Maintenant il y a là plusieurs savants qui s'intéressent aux études sismologiques, qui cherchent à en répandre le goût en même temps qu'ils essaient de créer des stations sismologiques. Quelques-uns sont des italiens établis depuis longtemps dans l'Argentine, et, en se faisant membres de notre Société sismologique italienne, sont entrés en relations suivies avec moi. Je citerai entre autres MM. le Docteur GALDINO NEGRI, attaché à l'Observatoire national de La Plata, l'Ing. JEAN CARULLO, qui a l'intention de créer, à Mendoza, à ses propres frais, un observatoire sismologique privé, et l'Ing. VIRGILE RAFFINETTI, professeur de géodésie à l'université de La Plata.

M. GALDINO NEGRI, qui n'est point novice dans la sismologie, a proposé, lors du congrès international qui eut lieu, l'année dernière, à La Plata, pour commémorer le centenaire de l'indépendance de la république, l'organisation du service sismologique dans l'Argentine et la déclaration d'adhésion de cet État à l'Association internationale de sismologie.

Or, je viens de recevoir, aujourd'hui même, une lettre de M. NEGRI qui, bien que n'étant point officielle, prouverait que ses efforts et les démarches de la direction du congrès aient amené la décision favorable du gouvernement de la République et que la demande d'adhésion serait même à attendre sous peu. J'exprime donc l'espoir de voir bientôt accrue notre Association d'une nouvelle importante unité.

CONFÉRENCES — VORTRÄGE



## Horizontal Pendulum Movements in Relation to certain Phenomena.

By F. NAPIER DENISON. F. R. Met. Soc.

The object of this paper is to present in as brief and graphic a manner as possible the results of observations carried on upon the Pacific Coast for a series of years.

In the autumn of 1898 a Milne Horizontal pendulum was installed at Victoria B. C. Can., and is one of many throughout the world whose records furnish valuable data for your Seismological Committee.

Apart from the shorter period vibrations as quakes, tremors etc., so graphically shown upon these traces, the writer became deeply interested in observing certain „wanderings“ of the pendulum. Some lasting for days and sufficient to necessitate adjusting the levelling screw to keep the free end of the pendulum upon the centre of the paper.

Thinking these movements might be due to changes of atmospheric pressure, the writer began keeping a continuous record of these changes from January 1899, by measuring the exact position of the boom each day at noon, and allowing for certain levelling adjustments necessary from time to time.

A daily curve from these observations was plotted for the years 1899 and 1900, and when studied with the Synoptic Weather Charts of the Pacific Slope for the same period, it was shown that the pendulum which is placed in the meridian, would swing towards the eastward when the barometer was highest over the Pacific Slope, and in the opposite direction when the barometer was low in this vicinity. These movements often commenced some hours before the local barometer indicated an approaching change.

These observations formed the material for a paper read in 1901 before the Royal Meteorological Society<sup>1</sup>, and in the autumn of that year further data upon the same subject was personally presented at the B. A. A. S. Meeting held at Glasgow.

Acting upon the advice of SIR GEORGE DARWIN to continue the East-West pendulum observations, and to establish a North-South instrument, I have succeeded in keeping a continuous record of the former to the present time, and in January 1907 personally constructed another instrument.

This one is mounted in the basement of the Post Office upon solid rock and is about 500 feet distant from the E—W pendulum, and is set to swing N—S.

In 1908 daily curves for both pendulums for the year 1907 were plotted. These when studied with the Weather Charts of this Coast, showed that both pendulums had a general tendency to move in the direction where the air pressure was greatest, and that a resultant direction of NW and SE was noticeable.<sup>2, 3</sup>

A continuous daily curve has now been completed for the past twelve years from the E—W pendulum movements, and a two years' curve for the N—S instrument.

<sup>1</sup> „The Seismograph as a Sensitive Barometer“.

<sup>2</sup> „The Effect of Atmospheric Pressure upon the Earth's Surface“ Royal Astr. Soc. Can. 1908.

<sup>3</sup> The same subject read at the B. A. A. S. Meeting at Win. 1909.

In studying these curves one detects the presence of certain pronounced long period undulations possessing marked rhythmic characteristics, and too great to be caused by local Meteorological conditions.

These and their probable causes form the subject to be presented, while a detailed account of the shorter fluctuations will be described at a later date.

In the following table the mean monthly and annual position of the E—W pendulum from 1899 to 1910 is given.

Mean Monthly and Annual Position of E—W Hor. Pendulum from 1899 to 1910 at Victoria B. C.

	Jan.	Febr.	Mar.	Apr.	May.	June.	July.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Year.
	m. m.												m. m.
1899	242.1	243.7	251.1	255.9	253.4	252.2	245.6	233.7	222.4	203.9	208.1	195.6	234.0
1900	197.7	194.3	217.7	212.9	202.7	199.6	182.0	174.2	170.1	164.9	162.9	195.8	189.5
1901	188.3	188.7	202.6	207.8	213.1	212.3	205.2	203.6	191.2	190.5	199.0	204.6	200.6
1902	207.8	219.4	224.0	223.5	228.5	223.2	222.8	219.2	209.1	210.5	210.2	218.0	218.0
1903	233.2	233.5	235.9	244.9	248.7	255.5	253.0	253.2	248.8	247.6	246.7	258.0	246.6
1904	264.5	264.1	265.2	267.9	263.0	261.9	266.0	261.4	259.2	258.3	254.5	255.3	261.7
1905	258.6	252.9	270.7	267.8	269.1	280.0	283.9	283.3	274.4	262.5	264.4	263.3	269.2
1906	265.8	271.4	267.9	281.0	289.9	296.5	301.8	300.3	296.2	290.7	280.4	280.1	285.2
1907	268.1	281.2	281.9	281.9	285.9	288.1	288.9	286.3	282.5	277.7	274.7	273.1	280.9
1908	273.7	270.9	271.2	271.4	273.1	278.7	286.1	282.2	277.2	269.4	266.6	261.9	273.5
1909	263.5	281.0	284.1	287.0	287.5	289.9	287.3	289.9	288.2	284.4	274.9	270.3	282.3
1910	277.8	280.0	297.2	301.9	310.0	314.2	315.8	311.6	310.9	309.2	307.2	307.0	303.6
Mean	245.0	248.4	255.8	258.7	260.4	+ E 262.7	261.5	258.2	252.5	247.5	- W 245.8	248.6	253.76

The Mean Maximum *Easterly* Position occurs in June.  
The Mean Maximum *Westerly* Position occurs in November.

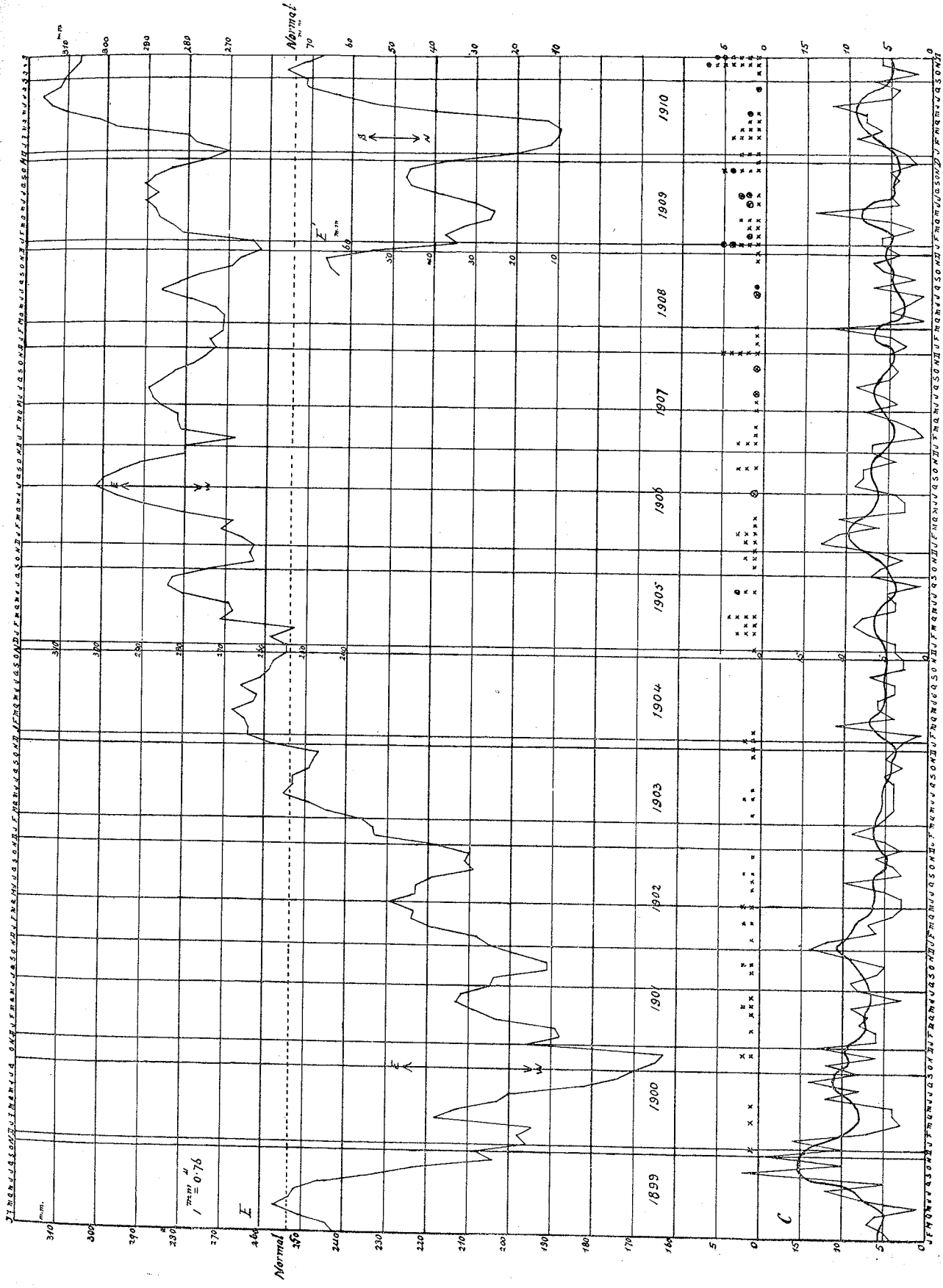
This is graphically shown in Figure 1 where curve *E* represents the E—W movements, and *E'* the N—S results. Vertical lines indicate months, and the horizontal ones two millimetre intervals.

A cursory glance along curve *E* convinces one there is a marked semi-annual and annual movement throughout the twelve years presented.

When studied in detail we find beginning with January 1899 there is a steady easterly swing until April, when until June a slight westerly movement occurs followed by a pronounced and rapid westerly swing continuing until October, when after two small easterly movements in November 1899 and January 1900, a westerly maximum is reached in February. This is followed in March by a pronounced eastward swing, followed throughout this year until November by a great westerly movement.

Throughout the remainder of this curve the eastward movement reaches its maximum during the summer months and maximum west in Winter.

With respect to an annual movement, there is clearly to be seen a predominant westerly swing during 1899 and to November 1900, when an almost equally strong force sets in in the opposite direction, and continues until the summer of 1906, when a westerly tendency is shown for two years followed by an easterly progression which continues to 1910.



E Mean Position of E-W Horizontal Pendulum at Victoria B. C.  
 E<sup>1</sup> Mean Position of N-S Horizontal Pendulum at Victoria B. C.  
 X Coal Mine Explosions in America in which 5 or more lives were lost.  
 o Coal Mine Explosions in Europe in which 5 or more lives were lost.  
 C Number of Earthquakes Recorded at Victoria B. C.  
 ⊕ "Bumps" at Coal Creek B. C.

Fig. 1.

Curve *E* although for only the years 1909 and 1910, clearly indicates a southerly maximum movement about the time the easterly maximum occurs, while the extreme north movement is reached during the spring months.

Before attempting to account for these movements the following data bearing upon other branches of this subject will be presented.

The writer has classified all quakes recorded upon the Victoria Seismograph into two types, those originating within a radius of 1000 miles of Victoria termed „B“, and all others originating beyond this 1000 mile radius termed „A“.

The sum of „A“ and „B“ signifying all quakes recorded, is represented by Curve „C“ in Figure 1.

This curve clearly shows a maximum number of quakes occurred between September 1899 and January 1900, and another abnormal number is seen from June to December 1900. The next pronounced maximum is well shown during 1906, and another in 1910.

In Figure 1 the dotted line represents the mean of the twelve years pendulum results, and is termed the normal for Curve *E*.

Your attention is drawn to curve *E* during 1904 respecting its small annual inequality and close proximity to the normal line, and also to the few quakes recorded during that year, while the years when *E* is farthest from the normal are usually periods of abnormal number of quakes viz. 1900, 1906 and 1910.

In order to ascertain if any correspondence existed between Colliery Explosions, Seismic frequency and Curve *E*, the United States Geological Survey kindly furnished me with the dates and distribution of all colliery gas explosions (obtainable) when 5 or more human lives were lost.

Crosses represent these in Figure 1 and are placed upon the months in which they occurred, while dots represent some of the great European disasters.

These appear to occur more frequently during the months of extreme pendulum movements, and particularly at or near to the westerly swings.

Your attention is drawn to the remarkable absence of explosions in 1904, which is also the year of fewest quakes also when curve *E* is nearest to its normal, while in 1909 and 1910 during the remarkable departure of Curve *E* from its normal the colliery explosions both in America and Europe increased alarmingly.

To carry this study still farther the writer during the autumn of 1910, and by the permission of his Director Mr. R. F. STUPART, placed a horizontal pendulum of his own construction in the Western Fuel Company's mine at Nanaimo V. I. at a depth of 979 feet. This instrument is under the sea and far removed from any working face, and by kind permission of the manager is read gratuitously twice daily.

Eight months' curve from this instrument and from the surface instrument at Victoria have been plotted, and although the low level pendulum is liable to error until made selfrecording, the corresponding Victoria curve though more disturbed, parallels the former to a great extent.

In order to show to what extent temperature effects or controls curves *E* and *E'* the monthly mean temperature has been plotted in conjunction with these. The result demonstrates that from 1905 to 1910 one curve greatly resembles the other, while from 1899 to 1904 there are great differences between the two, although „notches“ are usually noticeable in Curve *E* upon the months of maximum and minimum temperature.

Acting upon the advice of SIR GEORGE DARWIN who kindly furnished the necessary formulae, I have separated the annual inequality from the „march of zero“, and find the result bears out the seasonal and annual movements previously referred to in Curve *E* Figure 1.

As certain not fully understood rhythmic changes prevail in magnetic curves, I have plotted the Toronto Horizontal Force for the entire twelve years in conjunction with curve *E*, and several years magnetic intensity for Cheltenham Md. and Honolulu, and find many interesting comparisons which when further developed may prove of value in helping to solve the origin of curve *E*, and explain certain magnetic phenomena.



The latitude variation curve for several years has also been studied in conjunction with *E*, and it is hoped when this comparison is more thoroughly pursued interesting results may be obtained.

Figure 2 is given to show the annual position of curve *E* both above and below its normal in conjunction with the annual quake frequency curve for Victoria.

A study of these clearly demonstrates a remarkable correspondence between them.

The Annual Mean Temperature for Victoria is plotted above these curves in order to point

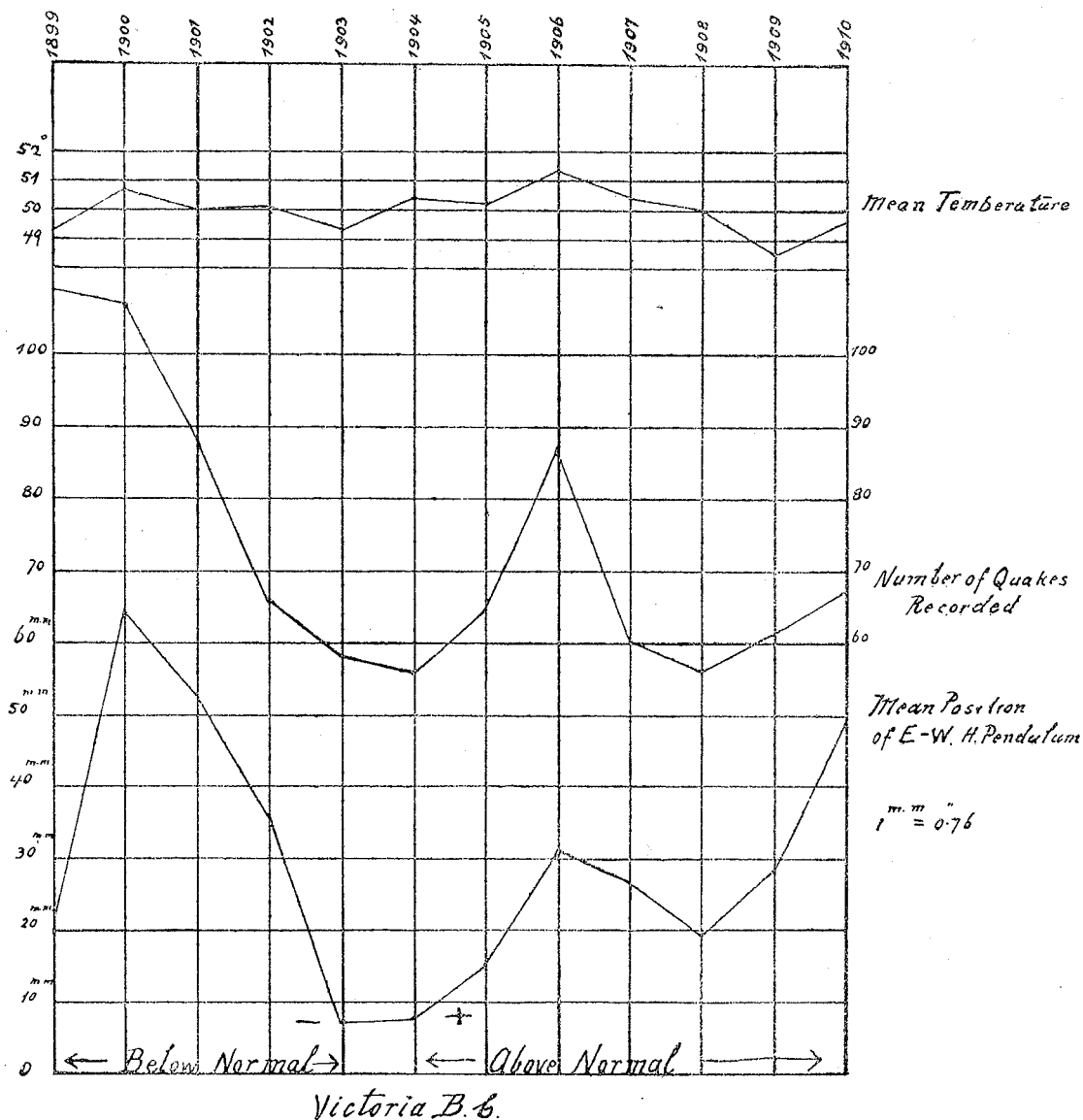


Fig. 2.

out that the years of highest temperature viz. 1900, 1906 and 1910, are the years when curve *E* is farthest from its normal position.

With the exception of 1899 an agreement is also noticeable between the quake frequency curve and annual mean temperature.

In conclusion, although changes of temperature, barometric pressure, ocean tidal loading, snow in the mountains, and other local forces yet to be studied, may contribute to form curve *E*,

the writer suggests that a certain proportion of this curve represents the presence of slow Earth Strains and Movements ever active throughout the World, but more pronounced at Victoria which is situated upon the great line of weakness and seismic zone extending from Alaska to Peru and Chili.

The study of these earth strains and slow movements, may therefore prove not only of scientific interest but of great practical value in determining probable times when dangerous conditions might be expected in collieries, a further insight into earthquake phenomena, and even the force or forces causing these strains may have an important bearing upon the cyclic climatic changes known to exist through the world.

He therefore respectfully suggests this Association takes steps to continue these researches in other portions of the World, in order to check what has been done, and to throw more light upon this important subject.

## Bestimmung der Lage des Epizentrums eines Bebens aus den Angaben einer einzelnen seismischen Station.

Von Fürst B. GALITZIN.

Aus „Bulletin de l'Académie Impériale des Sciences de St.-Pétersbourg“.

(Der Akademie vorgelegt am 21. September 1911.)

Wenn auf einem Seismogramm die Momente des Auftretens der ersten und zweiten Vorläufer (*P* und *S*) eines Bebens sich feststellen lassen, so kann man bekanntlich aus der Differenz derselben nach den Laufzeitkurven die entsprechende Epizentralentfernung  $\Delta$  für die betreffende Station bestimmen.

Durch Zusammenstellung der Werte von  $\Delta$  für drei oder mehrere günstig gelegene Stationen kann man die angenäherte Lage des Epizentrums eines Bebens eindeutig bestimmen.

PROF. ZEISSIG hat neulich eine Methode zur Bestimmung der geographischen Lage eines Epizentrums ausgearbeitet, bei welcher er sich nur des Wertes von  $\Delta$  für eine Station bedient, dabei aber die *absoluten* Momente von *P* für andere Stationen heranzieht.

Beide Methoden führen in gleicher Weise zum Ziel, nur erfordern sie einen brieflichen oder telegraphischen Austausch von Erdbebennachrichten zwischen den beteiligten seismischen Stationen.

Es ist aber die völlige Möglichkeit geboten, wenn man über passende Seismographen verfügt, die angenäherte geographische Breite und Länge  $\varphi_e$  und  $\lambda_e$  eines Epizentrums auf Grund der Daten einer *einzelnen* seismischen Station zu bestimmen.

Dazu braucht man nur ausser der Epizentralentfernung  $\Delta$  noch den Azimut  $\alpha$  des Epizentrums zu kennen. Dann ist die Berechnung von  $\varphi_e$  und  $\lambda_e$  nur eine einfache Aufgabe der sphärischen Trigonometrie.

In meinem früheren Aufsatz „Zur Frage der Bestimmung des Azimuts des Epizentrums eines Bebens“<sup>1</sup>, habe ich gezeigt, wie man für zwei senkrecht zu einander stehende Komponenten die ersten maximalen Ausschläge der wahren Bodenbewegung beim Eintreffen der ersten *longitudinalen* seismischen Wellen dazu verwenden kann, um aus ihnen den betreffenden Azimut  $\alpha$  zu erhalten. Eine teilweise Reflexion der Wellen an der Erdoberfläche, welche die genaue Bestimmung des Emergenzwinkels so ausserordentlich erschwert, ist hier von keinem Belang.

Bedeutet  $x_N$  und  $x_E$  die wahren, maximalen Komponenten der Bodenbewegung sofort nach dem Eintreffen von *P* in der Richtung des Meridians und des ersten Vertikals und  $y_N$  und  $y_E$  die entsprechenden Ausschläge auf den Seismogrammen, so haben wir einfach

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{x_E}{x_N} \dots \dots \dots (1)$$

Berücksichtigt man noch dabei, nach welcher Richtung (nach oben oder unten) der erste Ausschlag auf den Seismogrammen erfolgte, so kann man die Richtung der ersten wahren *Bodenverschiebung* beim Eintreffen von *P* völlig eindeutig bestimmen.

<sup>1</sup> Bulletin de l'Académie Impériale des sciences de St.-Pétersbourg. (1909) No. 14, p. 999.

Bei den Pulkowaer aperiodischen Horizontalseismographen mit galvanometrischer Registrierung bedeutet eine Verschiebung des Lichtpunktes nach oben eine Bodenverrückung nach Norden oder Osten. Denselben wird das Vorzeichen + beigelegt.

Würde z. B.  $x_N$  sich negativ und  $x_E$  positiv ergeben, so würde die entsprechende *Bodenverrückung* dem *SE*-lichen Quadranten entsprechen.

Um die wahren Komponenten der Bodenverschiebungen  $x_N$  und  $x_E$  aus den gemessenen Ausschlägen  $y_N$  und  $y_E$  abzuleiten, sind in meiner eben zitierten Abhandlung die nötigen Formeln angegeben. Sie entsprechen dem Fall einer galvanometrischen Registrierung, wobei Pendel und Galvanometer beide genau auf die Grenze der Aperiodizität eingestellt sind (Dämpfungskonstante  $\mu^2 = 0$ ) und gleiche Eigenperioden ohne Dämpfung ( $T = T_1$ ) besitzen sollen. Die entsprechende wahre Bodenbewegung soll dabei eine einfache wellenförmige sein. Man kann zur Bestimmung von  $x_N$  und  $x_E$  *keineswegs* diejenigen Formeln benutzen, welche zur Ableitung der Amplituden der wahren Bodenbewegung in der Maximalphase verwendet werden, weil am Anfang der ersten Vorphase der Einfluss der Eigenbewegung des Apparates sich noch geltend macht, der also in Betracht gezogen werden muss.

Diese Aufgabe der Bestimmung der Azimute  $\alpha$  vereinfacht sich jedoch in sehr erheblicher Weise, wenn beide Seismographen genau auf dieselbe Eigenperiode  $T$  eingestellt sind. Dann braucht man den Anfangsbedingungen der Bewegung beider Pendel gar nicht mehr Rechenschaft zu tragen und das Gesetz der wahren Bodenbewegung kann ein ganz willkürliches sein.

Bedeutet nun

$l$  — die reduzierte Pendellänge,

$k$  — den Übertragungsfaktor bei der galvanometrischen Registrierungsart,

$A_1$  — die Entfernung des Spiegels am Galvanometer von der Trommeloberfläche in der Richtung des normal einfallenden Strahles, und

$C_1$  — eine charakteristische Seismographenkonstante, die folgende Bedeutung hat

$$C_1 = \frac{\pi l}{k A_1} \dots \dots \dots (2)$$

und bezeichnen wir resp. mit  $C_N$  und  $C_E$  die Werte dieser Konstante  $C_1$  für die Seismographen für die *NS*- und *EW*-Komponenten, so ergibt sich einfach

$$\text{tg } \alpha = \frac{C_E}{C_N} \cdot \frac{y_E}{y_N} \dots \dots \dots (3)$$

Diese Formel zur Bestimmung von  $\alpha$  zeichnet sich durch ihre grosse Einfachheit aus. Das Verhältnis  $\frac{C_E}{C_N}$  ist eine bestimmte Seismographenkonstante, welche gewöhnlich sich wenig von der Einheit unterscheidet und sehr leicht vorausbestimmt werden kann.

Die Berechnung des wahren Azimuts des Epizentrums nach der Formel (3) bietet also keine Schwierigkeiten dar.

Es müssen aber die entsprechenden Seismographen sehr empfindlich sein, da die ersten Maximalausschläge  $y_N$  und  $y_E$  gewöhnlich sehr klein sind. Dazu eignet sich besonders gut die galvanometrische Registrierungsart, welche eine sehr hohe Empfindlichkeit besitzt und sich bei aperiodischen Instrumenten besonders gut anwenden lässt, wobei alle Vorteile der Aperiodizität sich gut geltend machen.

Es ist auch sehr wünschenswert, beide Komponenten der Bodenbewegung von zwei *getrennten* Pendeln aufschreiben zu lassen, um eine völlige Unabhängigkeit der Aufzeichnungen derselben zu sichern.

In dieser Hinsicht haben sich die Pulkowaer aperiodischen Seismographen besonders gut bewährt. Dieselben geben zuweilen *P*, aber hauptsächlich *S* in ganz deutlicher Weise wieder, wenn andere Stationen versagen oder wenig zuverlässige Momente für *S* angeben.

Die Formel (3), welche schon früher in meiner eben zitierten Abhandlung gegeben worden ist, gibt also die Möglichkeit, die Richtung der wahren Bodenbewegung beim Eintreffen der ersten longitudinalen Wellen zu bestimmen. Was nun aber die Richtung nach dem Epizentrum betrifft, so liegt hier noch eine gewisse Zweideutigkeit vor. Der Azimut des Epizentrums kann nämlich entweder  $\alpha$ , oder  $180^\circ + \alpha$  sein, je nachdem die erste Front der eintreffenden longitudinalen Welle einer Dilatations- oder Kondensationswelle entspricht. Im ersten Falle ist die Bewegung der Bodenteilchen nach dem Epizentrum, im zweiten dagegen vom Epizentrum gerichtet. Diese Zweideutigkeit ist mir schon früher aufgefallen, damals aber war ich geneigt dieselbe dem Einflusse der Eigenbewegung der Pfeiler, auf welchen die Seismographen ruhen, zuzuschreiben. Aber seitdem (Juni 1910) in Pulkowa ein aperiodischer Vertikalseismograph mit galvanometrischer Fernregistrierung<sup>1</sup> aufgestellt worden ist, hat diese Frage ihre volle Aufklärung gefunden.

Dieser Seismograph wurde so eingerichtet, dass eine Verschiebung des Lichtpunktes nach dem oberen Teil des Seismogrammes einer vertikalen Bodenverschiebung nach oben entsprach. Nun haben die Beobachtungen mit diesem Instrument gezeigt, dass bei einigen Beben die erste Bodenbewegung nach oben erfolgt, bei anderen dagegen nach unten. Der erste Fall entspricht also einer Kondensations- und der zweite einer Dilatationswelle. Zieht man also die Angaben eines Vertikalseismographen in Betracht, so wird die Zweideutigkeit in der Bestimmung von  $\alpha$  aufgehoben und der Azimut des Epizentrums lässt sich also völlig *eindeutig* bestimmen.

Als auf ein Beispiel einer sehr starken Dilatationswelle beim Eintreffen von  $P$  kann auf das jüngst stattgefundene Kamtschatka-Beben vom  $\frac{4}{6}$ . Mai 1911 hingewiesen werden.

Ein aperiodischer Vertikalseismograph besitzt noch den Vorteil, dass er den wahren Moment des Eintreffens der ersten Longitudinalwellen bei entfernten Beben in viel ausgeprägterer Weise angibt, als die Horizontalseismographen.

Zur Erläuterung dieser Methode der Azimutbestimmung möge folgendes Zahlenbeispiel angeführt werden.

Dasselbe bezieht sich auf das Erdbeben vom 18. Februar 1911, dessen Epizentrum in der Nähe der Stadt Monastir auf der Balkanhalbinsel sich befand.

Die Seismographenkonstanten waren die folgenden.

NS-Komponente.		EW-Komponente.	
$l$	185·8 $\frac{m}{m}$		186·2 $\frac{m}{m}$
$k$	56·5		48·2
$A_1$	1086 $\frac{m}{m}$		1108 $\frac{m}{m}$
$T$	22·7 $^s$		23·4 $^s$
$T_1$	22·8 $^s$		23·0 $^s$
$\mu^2$	+ 0·11		0·00
Lg $C_N$ =	$\bar{3}$ ·9783	Lg $C_E$ =	$\bar{2}$ ·0395

Also

$$\text{Lg } \frac{C_E}{C_N} = 0,0612.$$

Mit genügender Annäherung können alle Perioden  $T$  und  $T_1$  einander als gleich betrachtet werden.

Was nun die Dämpfungskonstante  $\mu^2$  anbetrifft, so war sie für die  $EW$ -Komponente genau gleich 0, also war die Bedingung der Aperiodizitätsgrenze für den entsprechenden Seismographen streng erfüllt.

Bei der  $NS$ -Komponente ergab sich  $\mu^2 = +0,11$ . Diesem Wert von  $\mu^2$  entspricht nach der Tabelle I der von mir veröffentlichten „Seismometrischen Tabellen“ ein Dämpfungsverhältnis  $v = 7600$ .

<sup>1</sup> Siehe meinen Aufsatz „Über einen neuen Seismographen für die Vertikalkomponente der Bodenbewegung“. Comptes-rendus des séances de la Commission sismique permanente. T. IV. Livr. 2.

Diese Dämpfung ist so kolossal stark, dass man selbstverständlich annehmen darf, dass der entsprechende Seismograph fast völlig die Eigenschaften eines aperiodischen Instruments besitzt. Man kann also die Formel (3) direkt anwenden.

Aus der Ausmessung der erhaltenen Seismogramme ergaben sich folgende Daten:

$$\begin{aligned} P &= 21^h 39^m 49^s \\ S &= 21 \ 43 \ 34 \\ y_E &= - 2.68^m/m \\ y_N &= - 7.31^m/m \\ y_z &= - 11.30^m/m \text{ (für die Vertikalkomponente).} \end{aligned}$$

Daraus ergibt sich  $S - P = 0^h 3^m 45^s$ , also nach der von PROF. ZEISSIG auf Grund der Wiechert-Zöppritz'schen Zahlen zusammengestellten und von der Akademie der Wissenschaften zu St.-Petersburg veröffentlichten Tabelle der Laufzeitdifferenzen

$$\begin{aligned} \Delta &= 2260 \text{ km.,} \\ \text{oder} \\ \Delta &= 20^\circ 19'. \end{aligned}$$

Aus den Werten von  $y_N$  und  $y_E$  ergibt sich nach der Formel (3) für die Richtung der wahren Bodenverschiebung

$$SW - 22^\circ 53'.$$

Nun ergab der Vertikalseismograph einen ersten negativen Ausschlag ( $y_z < 0$ ), folglich war die erste Welle eine Dilatationswelle. Folglich wird der Azimut des Epizentrums

$$\alpha = SW - 22^\circ 53'.$$

Mit diesen Werten von  $\Delta$  und  $\alpha$  berechnen sich folgende geographische Koordinaten des Epizentrums dieses Bebens:

$$\begin{aligned} \varphi_e &= 40^\circ 29'N \\ \lambda_e &= 20^\circ 7'E. \end{aligned}$$

Dieser Punkt befindet sich in der Tat nicht weit von Monastir.

Für dasselbe Erdbeben hat PROF. WALKER, der Direktor des Observatoriums in Eskdalemuir in Schottland, wo seit dem vorigen Jahre zwei aperiodische Seismographen mit galvanometrischer Fernregistrierung nach Pulkowaer Art aufgestellt worden sind, die Lage dieses Epizentrums nach der hier beschriebenen Methode ganz selbständig bestimmt und dabei gefunden

$$\begin{aligned} \varphi_e &= 40^\circ 19'N \\ \lambda_e &= 20^\circ 26'E, \end{aligned}$$

was in höchst befriedigender Übereinstimmung mit den früher angegebenen Zahlen steht.

In meiner früher zitierten Abhandlung habe ich diese Methode der Azimutbestimmung an 12 verschiedenen Erdbeben geprüft.

Jetzt habe ich eine systematische Prüfung der Möglichkeit der *selbständigen* Bestimmung der geographischen Koordinaten  $\varphi_e$  und  $\lambda_e$  der Epizentren vorgenommen. Dazu habe ich 42 Seismogramme von verschiedenen Beben, die in Pulkowa erhalten worden sind und wo die Phasen  $P$  und  $S$  genügend stark ausgeprägt waren, verwendet. Diese Beobachtungen umfassen einen Zeitraum vom 2. VII 1909 bis zum 8. VI 1911.

Die Resultate dieser Verarbeitung sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Die erste Kolumne enthält die laufende Nummer der Beben, die zweite das Datum, die dritte den Moment des Einsatzes der ersten Vorläufer in Pulkowa ( $P$ ), die vierte und fünfte die Epizentraldistanz  $\Delta$  und den Azimut  $\alpha$  des Epizentrums für Pulkowa, die sechste und siebente die

daraus berechnete geographische Breite und Länge  $\varphi_e$  und  $\lambda_e$  des Epizentrums, die achte die Lage des Epizentrums nach den Pulkowaer Daten und die neunte den Charakter der ersten longitudinalen Bebenwelle.

Um ein Urteil über die Zuverlässigkeit der Bestimmung von  $\varphi_e$  und  $\lambda_e$  nach dieser Methode zu gewinnen, habe ich die Entfernung  $\Delta_e$  des nach Pulkowa als Epizentrum festgelegten Punktes von verschiedenen anderen seismischen Stationen berechnet und mit den von diesen Stationen direkt, aus ihren  $P$  und  $S$ , gegebenen Werten der Epizentraldistanz  $\Delta_e$  verglichen. Zur Bestimmung von  $\Delta_e$  habe ich die früher erwähnte ZEISSIGSche Tabelle verwendet und immer den einer bestimmten Laufzeitdifferenz entsprechenden grössten Wert von  $\Delta$  genommen.

Dementsprechend befinden sich in der zehnten Kolumne die Namen der Stationen und in der elften die Differenzen  $\Lambda_e - \Delta_e$ .

In der zwölften und letzten Kolumne befinden sich darüber Angaben, wo das entsprechende Beben direkt gefühlt wurde, so wie auch andere sonstige Bemerkungen.

(Siehe Tabelle.)

Bevor wir zur Betrachtung der Ergebnisse dieser Tabelle übergehen, muss auf Folgendes aufmerksam gemacht werden.

Die Bestimmung der Lage des Epizentrums eines Bebens nach der hier beschriebenen Methode kann keineswegs auf eine volle Genauigkeit Anspruch erheben. Es liegen dazu mehrere Gründe vor.

Erstens ist das Epizentrum kein ausgewählter Punkt, sondern immer eine mehr oder weniger ausgedehnte Fläche. Somit, wenn wir von einem Epizentrum sprechen, müssen wir dasselbe etwa als die Mitte des entsprechenden Epizentralgebiets auffassen.

Zweitens sind die Laufzeitkurven nicht mit einer solchen Sicherheit bekannt, dass man schon jetzt aus ihnen fehlerfreie Epizentralentfernungen ableiten kann.

Drittens kommt es zuweilen vor, dass die gemessenen ersten Maximalausschläge an den Seismogrammen  $y_N$  und  $y_E$  sehr klein sind, z. B. Bruchteile eines Millimeters. Somit können bei ihrer Ausmessung, speziell, wenn vorher mikroseismische Unruhe herrschte, ziemlich grosse prozentische Fehler begangen werden, welche die Bestimmung des wahren Azimuts  $\alpha$  stark beeinflussen können.

Viertens sind die erforderlichen theoretischen Bedingungen, nämlich die Gleichheit aller Pendel- und Galvanometerperioden und die Bedingung der Aperiodizitätsgrenze ( $\mu^2 = 0$ ) nicht immer streng erfüllt.

Aus allen diesen Gründen handelt es sich immer nur um die Bestimmung der *angenäherten* Lage des Epizentrums und wenn in den vorigen Tabellen  $\varphi_e$  und  $\lambda_e$  bis auf Minuten genau angegeben werden, so muss dies nur als ein Rechnungsergebnis betrachtet werden, da man zur Zeit selbstverständlich nicht imstande ist, die Lage eines Epizentrums bis auf eine Minute genau festzustellen.

In der früheren Tabelle sind fünf Beben angeführt, nämlich Nr. 15, 20, 22, 35 und 38, für welche wenige Daten von anderen Stationen vorliegen und wo keine direkten Nachrichten aus dem vermuteten Erschütterungsgebiet vorhanden sind. Diese Daten können also nicht als Beleg für die Zuverlässigkeit der hier beschriebenen Methode aufgefasst werden, da wir nicht wissen, ob die nach Pulkowa bestimmte Lage des Epizentrums richtig ist. Ich habe sie nur der Vollständigkeit halber angeführt.

Aber in den übrigen 37 Fällen sind entweder die Differenzen  $\Lambda_e - \Delta_e$ , oder direkte Nachrichten aus dem Schüttergebiet vorhanden.

Nun lassen sich aus der früheren Tabelle folgende Schlüsse ziehen.

1. Zuweilen, wo andere Stationen recht wenige Daten geben, bestimmt Pulkowa allein sogar die *Lage* des Epizentrums. Man vergleiche z. B. Nr. 1, 7, 8, 10, 27, 29 und 40. Hierzu können eventuell auch die früheren Nr. 15, 20, 22, 35 und 38 hinzugefügt werden.

## TABELLE

Nummer	Datum	<i>P</i>	$\Delta$	$\alpha$	$\varphi_e$	$\lambda_e$
1	<b>1909.</b> 2/VII.	21 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup>	7560 km	NE—48° 23'	39° 20' N	146° 41' E
2	7/VII.	21 44 22	3470	SE—73 5	41 32 N	71 49 E
3	13/VII.	13 23 11	6400	NE—40 32	51 51 N	147 43 E
4	26/VII.	11 2 36	5350	SE—41 42	17 16 N	61 35 E
5	14/VIII.	6 41 49	7430	NE—59 52	34 55 N	134 29 E
6	20—21/X.	23 48 57	4450	NE—63 23	31 6 N	72 31 E
7	29/X.	16 6 35	2090	SW— 6 51	41 4 N	27 25 E
8	30/X.	10 41 17	10760	NE—70 44	3 37 N	140 24 E
9	10/XI.	6 24 11	7200	NE—60 54	36 10 N	132 8 E
10	9/XII.	15 54 4	8410	NE—61 30	26 33 N	138 12 E
11	<b>1910.</b> 22/I.	8 53 19	2400	NW—49 4	68 N	17 W
12	12/II.	18 20 45	7260	NE—62 25	34 58 N	131 5 E
13	18/II.	5 14 25	2580	SW—14 21	37 1 N	23 19 E



## TABELLE

Lage des Epizentrums nach Pulkowa	Charakter der Bebenwelle	Stationen	$\Delta e - \Delta s$	Bemerkungen
In der Nähe von Japan (östlich)	Kondens.-Welle	—	—	In Zentral-Nippon gefühlt. Andere Stationen geben wenige Daten.
Fergana	Kondens.-Welle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aachen</li> <li>Tiflis</li> <li>Hamburg</li> <li>Göttingen</li> <li>Strassburg</li> <li>Wien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ 90 km</li> <li>-100</li> <li>- 20</li> <li>+ 80</li> <li>+ 50</li> <li>+150</li> </ul>	Taschkent gibt als Epizentrum Fergana.
In der Nähe der Kurilen	Dilatations-Welle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hamburg</li> <li>Batavia</li> <li>Wien</li> <li>Jena</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ 60</li> <li>+190</li> <li>+ 20</li> <li>+ 20</li> </ul>	
Indischer Ozean, W von Indien	Kondens.-Welle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiflis</li> <li>Hamburg</li> <li>Jena</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-110</li> <li>- 10</li> <li>- 90</li> </ul>	
Japan, in der Nähe von Kioto	Dilatations-Welle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hamburg</li> <li>Strassburg</li> <li>Wien</li> <li>Jena</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ 10</li> <li>+190</li> <li>-190</li> <li>-150</li> </ul>	In Kioto gefühlt.
Nord-Indien, nicht weit von der Grenze von Belutschistan	Kondens.-Welle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aachen</li> <li>Hamburg</li> <li>Strassburg</li> <li>Jena</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 70</li> <li>- 90</li> <li>-220</li> <li>-180</li> </ul>	In Nord-Indien und Belutschistan gefühlt.
Türkei, in der Nähe von Konstantinopel	Kondens.-Welle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiflis</li> <li>Jena</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+190</li> <li>+150</li> </ul>	In Konstantinopel gefühlt. Andere Stationen geben wenige Daten.
In der Nähe von Neu-Guinea	Dilatations-Welle	—	—	Sydney gibt $\Delta s = 3420$ , Batavia $\Delta s = 3380$ . Epizentrum geg. Westen von Neu-Guinea (Timorlaut-Inseln).
In der Nähe von Süd-Japan	Kondens.-Welle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Strassburg</li> <li>Wien</li> <li>Jena</li> <li>Aachen</li> <li>Hamburg</li> <li>Potsdam</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>0</li> <li>+ 20</li> <li>+ 50</li> <li>+110</li> <li>+ 70</li> <li>- 60</li> </ul>	In Süd-Nippon gefühlt.
Südlich von Japan	Dilatations-Welle	Tiflis	+140	Hamburg und Aachen geben nicht <i>S</i> . Erdbeben geg. <i>NE</i> von Mindanao (Philippinische Inseln).
Nördlich von Island	Kondens.-Welle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aachen</li> <li>Hamburg</li> <li>Wien</li> <li>Ottawa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 10</li> <li>+ 40</li> <li>- 30</li> <li>+ 40</li> </ul>	Epizentrum in der Nähe von Island (nördlich). NB. Siehe Tams.
In der Nähe von Süd-Japan	Dilatations-Welle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hamburg</li> <li>Wien</li> <li>Jena</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-120</li> <li>+170</li> <li>+220</li> </ul>	In Nippon gefühlt.
Südlich von Griechenland. Nicht weit von Kreta.	Kondens.-Welle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Göttingen</li> <li>Aachen</li> <li>Hamburg</li> <li>Strassburg</li> <li>Jena</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 30</li> <li>-140</li> <li>-120</li> <li>- 80</li> <li>-170</li> </ul>	Auf Kreta gefühlt.

Number	Datum	P	Δ	α	φ <sub>e</sub>	λ <sub>e</sub>
	<b>1910.</b>					
14	11—12/IV.	0 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 8 <sup>s</sup>	7530 km	NE—73° 13'	27° 31' N	122° 55' E
15	11/V.	15 57 31	3400	SE—72 44	41 54 N	71 5 E
16	22/V.	6 34 48	7200	NE—47 5	42 45 N	145 55 E
17	31/V.	5 8 48	9440	NW—51 6	23 5 N	92 16 W
18	7/VI.	2 8 45	2330	SW—36 1	41 23 N	14 3 E
19	24/VI.	13 33 0	3140	SW—48 36	37 8 N	3 54 E
20	29/VI.	11 4 47	>13000 S—P=13 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup>	NE—52 56	—	—
21	12/VII.	7 43 13	3840	SE—63 58	35 55 N	69 18 E
22	15/VII.	12 21 50	>13000 S—P=13 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup>	NE—52 21	—	—
23	17/VII.	19 21 50	5800	NE—39 33	56 47 N	143 43 E
24	5/VIII.	1 43 31	8540	NW—25 20	39 48 N	116 50 W
25	17/VIII.	12 8 45	4430	SE—55 13	28 39 N	67 10 E
26	1/IX.	0 56 13	7770	NE—77 38	23 30 N	120 22 E
27	1/IX.	14 32 23	7770	NE—78 10	23 13 N	119 54 E
28	9/IX.	1 24 9	7470	NE—35 39	45 26 N	160 24 E
29	10/IX.	12 47 0	7710	NE—57 8	34 6 N	138 42 E

Lage des Epizentrums nach Pulkowa	Charakter der Bebenwelle	Stationen	$\Delta e - \Delta s$	Bemerkungen
In der Nähe von Formosa	Dilatations-Welle	Göttingen Tiflis Hamburg Wien Jena Potsdam	+130 km - 60 + 60 + 40 + 60 + 30	Auf Formosa gefühlt.
Turkestan in der Nähe von Talas Ala-tau	Kondens.-Welle	—	—	Andere Stationen geben wenige Daten.
In der Nähe der Ost-Küste von Iesso	Kondens.-Welle	Potsdam Göttingen Hamburg Batavia Strassburg Wien	- 50 - 20 - 30 -170 - 80 -100	In Nord-Japan gefühlt.
Mexikanischer Busen	Kondens.-Welle	Strassburg Wien	-160 +270	Ottawa gibt $\Delta s = 3840$ . Epizentrum wahrscheinlich in Zentral-Amerika.
Süd-Italien. Nicht weit von Neapel	Kondens.-Welle	Cartuja Jena Hamburg Wien	-150 - 60 -120 -120	Erdbeben in der Nähe von Calitri (Süd-Italien).
Algerien	Kondens.-Welle	Cartuja Hamburg Strassburg Wien Jena	0 -180 0 -170 -130	Erdbeben in Algerien.
Inseln des Pazifischen Ozeans	Kondens.-Welle	—	—	Die Phase <i>S</i> ist auf den meisten anderen Stationen ziemlich undeutlich.
Nord-Afghanistan, in der Nähe der Hindukusch Kette	Kondens.-Welle	Hamburg Wien	-160 -140	
Inseln des Pacifischen Ozeans	Kondens.-Welle	—	—	Die Phase <i>S</i> ist auf anderen Stationen ziemlich undeutlich.
Ochotskisches Meer	Dilatations-Welle	Hamburg	+ 10	
In der Nähe von Californien	Dilatations-Welle	Hamburg Strassburg	-330 -330	Die Phasen in Pulkowa sind sehr deutlich. Ottawa gibt $\Delta s = 3900$ . Epizentrum wahrscheinlich in Nord-Amerika.
Nord-Belutschistan	Kondens.-Welle	Cartuja Hamburg Jena	+260 + 20 -230	
Formosa	Kondens.-Welle	Hamburg Wien Tiflis	+ 80 -150 +220	
Formosa	Kondens.-Welle	—	—	Zweites Beben an demselben Tage und aus derselben Gegend.
Östlich von den Kurilen	Kondens.-Welle	Strassburg Hamburg	+330 +390	
Japan (Nippon)	Dilatations-Welle	Batavia Eskdalemuir	-110 + 50	Auf anderen Stationen ist die Phase <i>S</i> undeutlich.

Nummer	Datum	<i>P</i>	$\Delta$	$\alpha$	$\varphi_e$	$\lambda_e$
	<b>1911.</b>					
30	1/I.	10 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup>	3440 km	SE—77° 49'	43° 21' N	74° 1' E
31	1/I.	15 5 43	3460	SE—55 24	36 18 N	62 11 E
32	3—4/I.	23 32 17	3690	SE—81 22	42 59 N	78 0 E
33	18/II.	21 39 49	2260	SW—22 53	40 29 N	20 7 E
34	4/IV.	15 48 59	2490	SW—16 18	37 57 N	22 33 E
35	5/IV.	15 32 40	2180	SW—24 8	41 16 N	19 49 E
36	7/IV.	6 54 34	6910	NE—28 3	52 48 N	166 52 E
37	30/IV.	20 47 29	2530	SE— 0 0	37 1 N	30 20 E
38	4/V.	13 41 7	9570	SE—74 54	4 6 S	105 17 E
39	4—5/V.	23 46 51	6540	NE—36 48	52 24 N	153 12 E
40	13/V.	3 33 11	8270	NE—75 17	20 51 N	124 59 E
41	7/VI.	11 16 0	10050	NW—47 43	19 34 N	97 59 W
42	8/VI.	0 3 50	2450	SE—42 31	41 25 N	50 6 E

Lage des Epizentrums nach Pulkowa	Charakter der Bebenwelle	Stationen	$\Delta_e - \Delta_s$	Bemerkungen
Ost-Turkestan	Dilatations-Welle	Eskdalemuir Göttingen Aachen Hamburg Wien	+120 km + 30 +120 +130 +190	In Ost-Turkestan gefühlt.
In der Nähe von Nord-Afghanistan	Dilatations-Welle	Aachen Hamburg	-200 - 40	
Gebirgskette Ala-tau	Kondens.-Welle	Eskdalemuir Göttingen Cartuja Aachen Ottawa Hamburg Strassburg	-150 -210 - 50 -110 +240 -200 - 10	Grosses Semirjetschje-Beben.
Balkan-Halbinsel, nicht weit von Monastir	Dilatations-Welle	Eskdalemuir Hamburg Wien Tifis Triest Laibach Krakau Cartuja Jugenheim	+ 10 + 10 + 20 0 + 10 + 30 + 50 - 90 -220	Erdbeben auf der Balkan-Halbinsel in der Nähe von Monastir.
Griechenland	Dilatations-Welle	Göttingen Aachen Strassburg Jugenheim Eskdalemuir	-280 -290 -240 -260 -110	
Albanien	Kondens.-Welle	—	—	Die anderen Stationen geben nicht die Phase S.
In der Nähe von Kamtschatka	Kondens.-Welle	Eskdalemuir Hamburg Wien	+ 30 - 60 -100	
Klein-Asien	Dilatations-Welle	Aachen Wien Hamburg	+100 + 60 +140	
Sumatra	Kondens.-Welle	—	—	Genauere Angaben von anderen Stationen fehlen.
In der Nähe von Kamtschatka	Dilatations-Welle	Jugenheim Uccle Hamburg Strassburg Wien	-90 N-s Komp. +50 E-w Komp. + 70 + 20 + 50 + 10	Sehr charakteristische Dilatationswelle. Sehr grosse Ausschläge bei P.
Nicht weit von Formosa	Kondens.-Welle	—	—	In Hong-Kong gefühlt.
In der Nähe der Stadt Mexiko	Kondens.-Welle	Aachen Wien	-270 - 60	Grosses Erdbeben in Mexiko.
In der Nähe von Derbent	Kondens.-Welle	Hamburg Strassburg Wien Eskdalemuir	+ 90 +140 -150 +140	In Derbent gefühlt.

2. Es kommen bei der Bestimmung der Lage der Epizentren alle möglichen Azimute aus allen vier Quadranten vor, somit ist die Anwendbarkeit der Methode völlig unabhängig von der Richtung, aus welcher die Erdbebenwellen herkommen.

3. Die Differenzen  $\Delta_e - \Delta_s$  sind im allgemeinen, mit wenigen Ausnahmen, klein, da ein Unterschied von 100 oder sogar 150 Kilometer nach dem Vorhergesagten sehr leicht vorkommen kann und darf also nicht als gross betrachtet werden. Wenn aber die Differenzen  $\Delta_e - \Delta_s$  sich als klein ergeben, so darf man dies als einen Beweis betrachten, dass die angenäherte Lage des entsprechenden Epizentrums richtig bestimmt war.

4. Besonders befriedigend ist in sehr vielen Fällen die Übereinstimmung der Pulkowaer Angaben mit den direkten makroseismischen Nachrichten. Man vergleiche die Nr. 1, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 30, 32, 33, 40, 41 und 42.

5. Obgleich bei diesen Beben alle möglichen Azimute vorgekommen sind, liess sich unter Berücksichtigung des Charakters der ersten einfallenden Longitudinalwelle (Kondensations- oder Dilatationswelle) die angenäherte Lage des Epizentrums völlig eindeutig bestimmen. In dieser Hinsicht hat diese Methode bis jetzt nie versagt.

Ähnliche Bestimmungen sind auch von PROF. WALKER in Eskdalemuir angestellt worden und im Grossen und Ganzen mit demselben Erfolg. Ein Beispiel dafür habe ich schon früher angeführt.

Dies beweist, dass auch andere Stationen, wenn sie nur passend ausgerüstet sind, imstande sind, die Lage des Epizentrums eines Bebens ganz selbständig aufzufinden.

Die Methode an und für sich ist sehr einfach, wenn nur die theoretischen Bedingungen der Gleichheit der Perioden und der Grenze der Aperiodizität erfüllt sind.

Durch das hier zusammengestellte Zahlenmaterial kann die Anwendbarkeit dieser Methode der Bestimmung der angenäherten Lage des Epizentrums eines Bebens aus den Angaben einer einzelnen seismischen Station wohl als völlig bewiesen betrachtet werden.

## Beobachtungen über die Vertikalkomponente der Bodenbewegung.

Von Fürst B. GALITZIN.

(Aus „Bulletin de l'Académie Impériale des Sciences de St.-Pétersbourg“.)

(Der Akademie vorgelegt am 21. September 1911.)

Es werden zur Zeit an den meisten seismischen Stationen nur Beobachtungen mit Horizontalseismographen angestellt; um aber ein vollständigeres Bild der wahren Bodenbewegung bei Erdbeben zu gewinnen, wäre es in hohem Maasse wünschenswert, auch das Studium der vertikalen Komponente der Bodenbewegung vorzunehmen. Es müssten eigentlich alle seismischen Stationen ersten Ranges mit Vertikalseismographen ausgerüstet werden. Es liessen sich dann manche sehr wichtige Probleme der modernen Seismometrie angreifen, wie z. B. die Bestimmung des scheinbaren Emergenzwinkels des seismischen Strahles, usw.

Seit Juni vorigen (1910) Jahres ist auf der seismischen Station in Pulkowa ein neuer aperiodischer Vertikalseismograph mit magnetischer Dämpfung und galvanometrischer Fernregistrierung aufgestellt worden, welcher sich in der Praxis als ausserordentlich gut bewährt hat. Derselbe ist in meinem Aufsatz „Über einen neuen Seismographen für die Vertikalkomponente der Bodenbewegung“<sup>1</sup> ausführlich beschrieben. Es ist ein sehr kompaktes Instrument, bei welchem, infolge der Anwendung der galvanometrischen Registrierungsart, jede Temperaturkompensation fortfällt. In seiner Handhabung ist der Apparat sehr einfach und bequem.

Vor Aufstellung des Seismographen auf der Pulkowaer Station wurde derselbe im Physikalischen Laboratorium der Akademie der Wissenschaften zu St.-Petersburg eingehend untersucht, namentlich auch auf einer beweglichen Plattform, wobei es sich herausgestellt hat, dass er allen gestellten Anforderungen völlig entsprach. Die entsprechenden Laboratoriumsversuche sind in meinem oben zitierten Aufsatz ebenfalls beschrieben.

Der Apparat zeichnet sich durch seine sehr hohe Empfindlichkeit aus und liefert sehr schöne und übersichtliche Seismogramme.

Besonders wertvoll ist derselbe bei der Feststellung des Moments des Einsatzes der ersten Vorläufer *P* für entfernte Beben, da er dieselben in viel ausgeprägterer Weise angibt, als die empfindlichen aperiodischen Horizontalseismographen.

Aber auch in der Maximalphase liefert er sehr interessante Kurven und die mikroseismischen Bewegungen erster Art werden gleichfalls sehr gut wiedergegeben.

Die Verbindung der Drähte mit dem Galvanometer ist so getroffen, dass eine Verschiebung des Lichtpunktes auf der Registriertrommel nach dem oberen Teil des Seismogrammes einer *positiven* vertikalen Bodenverschiebung, d. h. nach dem Zenith zu entspricht.

<sup>1</sup> Comptes-rendus des séances de la Commission sismique permanente. T. IV, Livr. 2.

Seitdem dieser Apparat in Pulkowa aufgestellt wurde, hat sich ein gewisses Beobachtungsmaterial gesammelt, welches verarbeitet und ausgewertet wurde.

Dieses Material ist nicht besonders zahlreich, aber es lassen sich doch schon jetzt aus demselben gewisse Schlüsse ziehen, welche wohl von Interesse sein könnten.

Ich werde also hier einige Resultate der Beobachtungen mit diesem Vertikalseismographen mitteilen, obgleich einige Schlüsse vorläufig, infolge des Mangels an Material, als provisorisch betrachtet werden müssen.

Das erste Resultat, welches sich mit voller Sicherheit herausgestellt hat, besteht darin, dass beim Eintreffen der ersten Vorläufer die Front der *ersten* longitudinalen Welle bei einigen Beben einer Kondensations-, bei anderen dagegen einer Dilatationswelle entspricht. Im ersten Fall ist die erste Bewegung eines Bodenteilchens vom Epizentrum weg und nach oben, im zweiten aber nach dem Epizentrum und nach unten gerichtet. Dies ist ein wichtiges Ergebnis für die eindeutige Bestimmung des wahren Azimuts des Epizentrums eines Bebens nach der von mir früher angegebenen Methode.<sup>1</sup> Somit muss man bei der Bestimmung der Lage des Epizentrums eines Bebens aus den Angaben einer einzelnen seismischen Station immer der ersten Bewegungsrichtung des Vertikalseismographen Rechenschaft tragen.

Kondensationswellen kommen etwa zweimal häufiger vor. So z. B. unter 42 Erdbeben war für 27 Beben die erste longitudinale Welle eine Kondensations- und für 15 Beben eine Dilatationswelle.

Das zweite Resultat bezieht sich auf die Bestimmung des Verhältnisses der maximalen vertikalen Bodenverschiebung  $z_m$  zur entsprechenden totalen horizontalen Verschiebung  $h_m$  für einfache sinusartige Oberflächenwellen in der Hauptphase eines Erdbebens.

Nach der Theorie der seismischen Oberflächenwellen beschreiben die Bodenteilchen beim Durchgang solcher Wellen kleine Ellipsen, deren grösste Halbxaxe vertikal steht, wobei das Verhältnis  $\frac{z_m}{h_m} = 1.47$  sein soll, wenn für die oberen Erdschichten die Poissonsche Konstante der Querkontraktion gleich  $\frac{1}{4}$  angenommen wird.<sup>2</sup>

Nun lassen sich  $z_m$  und  $h_m$  mit Hilfe eines Vertikalseismographen und zweier senkrecht zu einander stehender Horizontalseismographen getrennt ermitteln. Somit kann eine experimentelle Prüfung des theoretischen Wertes von  $\frac{z_m}{h_m}$  vorgenommen werden.

Bedeute nun  $x_N$  die horizontale Komponente der maximalen Bodenverschiebung für eine bestimmte Wellenart in der Richtung des Meridians, und  $x_E$  die entsprechende Grösse in der Richtung des ersten Vertikals, so wird

$$h_m = \sqrt{x_N^2 + x_E^2}.$$

Um  $x_N$ ,  $x_E$  und  $z_m$  zu bestimmen, wähle man auf den Seismogrammen, die alle von fast aperiodischen Instrumenten erhalten worden sind, in der Hauptphase eine möglichst regelmässige, sinusartige Welle und messe die maximalen Amplituden  $y_N$ ,  $y_E$  und  $y_z$  für alle drei Komponenten und zugleich auch die Periode der entsprechenden Bebenwelle  $T_p$ .

Da die Grunddifferentialgleichung der Bewegung des Vertikalseismographen genau dieselbe Form hat, wie die eines Horizontalpendels,<sup>3</sup> so lassen sich die drei Komponenten der wahren Bodenbewegung  $x_N$ ,  $x_E$  und  $z_m$  alle nach einer und derselben Formel berechnen; es müssen nur für jeden Seismographen die entsprechenden Konstanten eingeführt werden.

<sup>1</sup> Siehe meinen Aufsatz „Bestimmung der Lage des Epizentrums eines Bebens aus den Angaben einer einzelnen seismischen Station.“ Bull. de l'Acad. Imp. des Sc. de St-Petersbourg. (911) No. 13, p. 941. u. vorhergeh. Vortrag.

<sup>2</sup> Vergl. z. B. RUDZKI „Physik der Erde.“ 1911. Fünftes Kapitel.

<sup>3</sup> Siehe „Über einen neuen Seismographen für die Vertikalkomponente der Bodenbewegung.“ L. c.



Diese Formel ist in meiner Abhandlung „Über ein neues aperiodisches Horizontalpendel mit galvanometrischer Fernregistrierung“ gegeben.<sup>1</sup> Sie entspricht dem Fall einer galvanometrischen Registrierung und lautet, z. B. für  $x_N$ , wie folgt:

$$x_N = C_1 (1 + u_1^2) U \frac{y_N}{T_p} \dots \dots \dots (1)$$

Hierin bedeutet  $C_1$  eine zusammengesetzte Konstante

$$C_1 = \frac{\pi l}{k A_1} \dots \dots \dots (2)$$

$$u_1 = \frac{T_p}{T_1}$$

$$U = (1 + u^2) \sqrt{1 - \mu^2} f(u).$$

$$u = \frac{T_p}{T}$$

$$f(u) = \left( \frac{2u}{1 + u^2} \right)^2$$

Dabei ist

- $l$  — die reduzierte Pendellänge,
  - $k$  — der Übertragungsfaktor bei der galvanometrischen Registrierungsart,
  - $A_1$  — die Entfernung des Spiegels am Galvanometer von der Trommeloberfläche in der Richtung des normal einfallenden Strahles,
  - $T$  — die Eigenperiode des Pendels
  - $T_1$  — die Eigenperiode des Galvanometers
- } ohne Dämpfung,
- $\mu^2$  — die Dämpfungskonstante. (Für die Grenze der Aperiodizität ist  $\mu^2 = 0$ ).

Die Bestimmung von  $x_N$  nach der Formel (1) ist besonders einfach, wenn man sich der von mir veröffentlichten „Seismometrischen Tabellen“ bedient.

Die Tabelle II gibt sofort die Werte von  $u_1$  und  $u$  (Argumente  $T_p$  und  $T_1$  oder  $T_p$  und  $T$ ); die Tabelle III den Wert von  $\text{Lg}(1 + u_1^2)$  (Argument  $u_1$ ), und die Tabelle V den Wert von  $\text{Lg} U$  (zwei Argumente  $u$  und  $\mu^2$ ).

Somit lassen sich alle drei Komponenten der Bodenbewegung und folglich auch  $\frac{z_m}{h_m}$  sehr leicht berechnen.

Die Anwendung von fast aperiodischen Instrumenten ist dazu besonders geeignet.

Es sind auf diese Weise bis jetzt fünf verschiedene Beben bearbeitet worden.

Für jedes Beben wurden mehrere Maxima ausgemessen und alsdann das Verhältnis  $\frac{z_m}{h_m}$  berechnet.

Dieses Verhältnis ist für dasselbe Beben nicht völlig konstant, und scheint zuweilen mit wachsender Zeit einen gewissen Gang zu haben.

Die Perioden der Bebenwellen  $T_p$  nach allen drei Seismographen stimmen im allgemeinen ziemlich gut überein. Im Folgenden werde ich nur die mittlere Periode  $T_p$ , auf eine Sekunde abgerundet, angeben.

Die Momente eines und desselben Maximums der wahren Bodenverschiebung  $t_{x_m}$ , also korrigiert wegen Verspätung der Angaben der Instrumente,<sup>2</sup> stimmen auf den verschiedenen Seis-

<sup>1</sup> Comptes-rendus des séances de la Commission sismique permanente. T. IV, Livr. 1 § 2, Formel (37).

<sup>2</sup> Siehe „Über ein neues aperiodisches Horizontalpendel mit galvanometrischer Fernregistrierung.“ L. c. § 2.

mogrammen ebenfalls gut überein, obgleich der Natur der Sache nach eine kleine Phasenverschiebung zwischen den Momenten von  $h_m$  und  $z_m$  vorhanden sein muss. Im Folgenden werde ich nur den mittleren Moment für  $h_m$  angeben.

Alle diese Resultate sind in der folgenden Tabelle I zusammengestellt.

Die erste Kolumne enthält das Datum des Bebens; die zweite die angenäherte Lage des Epizentrums, die dritte die Epizentralentfernung  $\Delta$ , die vierte den Moment des Maximums der wahren Bodenverschiebung ( $t_x$ ), die fünfte die Bebenwellenperiode ( $T_p$ ) und die sechste und letzte das Verhältnis  $\frac{z_m}{h_m}$ .

Tabelle I.

Datum	Lage des Epizentrums	$\Delta$	$t_x$	$T_p$	$\frac{z_m}{h_m}$
24. VI 1910	Algerien	3140 km	13 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 2 <sup>s</sup>	14 <sup>s</sup>	0·55
			— 45 9	15	0·46
			— 46 30	11	0·70
			— 47 17	11	0·79
			— 47 25	11	0·74
			— 47 30	11	0·78
			Im Mittel	12 <sup>s</sup>	0·67
29. VI 1910	Pazifischer Ozean	14600 <sup>1</sup>	12 <sup>h</sup> 7 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup>	21 <sup>s</sup>	1·01
			— 7 39	21	1·07
			— 9 4	21	1·21
			— 9 13	21	1·22
			Im Mittel	21 <sup>s</sup>	1·13
5. VIII 1910	Californien	8540	2 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup>	22 <sup>s</sup>	1·26
			— 16 45	23	1·19
			— 17 8	20	0·82
			Im Mittel	22 <sup>s</sup>	1·09
9. IX 1910	Kurilen	7470	1 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 5 <sup>s</sup>	21 <sup>s</sup>	0·63
			— 55 12	21	0·70
			— 55 23	21	0·70
			— 55 33	20	0·67
			Im Mittel	21 <sup>s</sup>	0·68
18. II 1911	Monastir	2260	21 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup>	10 <sup>s</sup>	0·83
			— 48 42	11	1·17
			— 48 50	9	1·19
			— 48 52	10	1·28
			Im Mittel	10 <sup>s</sup>	1·12

<sup>1</sup> Durch Extrapolation aus den Laufzeitkurvendifferenzen bestimmt.

Die Zahlen dieser Tabelle zeigen, dass das beobachtete Verhältnis  $\frac{z_m}{h_m}$  immer kleiner und zuweilen ganz bedeutend kleiner als der theoretische Wert 1.47 ausfällt. Der allergrösste beobachtete Wert von  $\frac{z_m}{h_m}$  ist gleich 1.28. Ausserdem bleibt dieses Verhältnis für ein und dasselbe Beben nicht ganz konstant, in einigen Fällen besitzt es sogar einen ziemlich ausgesprochenen Gang.

Dieses Resultat darf jedoch nicht als mit der Theorie in Widerspruch stehend aufgefasst werden, denn bei der Ableitung des theoretischen Wertes 1.47 wurde der Dämpfung der Oberflächenwellen keine Rechenschaft getragen, eine solche Dämpfung ist aber sicherlich vorhanden. Wenn dieselbe für die vertikale Komponente stärker als für die horizontalen sein würde, so müsste sich unbedingt  $\frac{z_m}{h_m}$  kleiner als der theoretische Wert ergeben. Die Stärke dieser Dämpfung muss aber auch von der Richtung, aus welcher die Oberflächenwellen kommen und von den physikalischen Eigenschaften der auf dem Wege der Wellen getroffenen obersten Erdschichten unmittelbar abhängen. Es müsste für dieselbe Herkunftsrichtung das Verhältnis  $\frac{z_m}{h_m}$  auch von der Epizentralentfernung  $\Delta$  abhängig sein, aber das bis jetzt gesammelte Beobachtungsmaterial ist zu dürftig, um hierüber schon jetzt sichere Schlüsse ziehen zu können.

Es möge wohl noch ein anderer Grund angeführt werden, warum  $\frac{z_m}{h_m}$  kleiner als 1.47 sich ergibt, auf welchen PROF. WIECHERT neulich aufmerksam gemacht hat.

Es können nämlich bei Erdbeben ausser den gewöhnlichen Oberflächenwellen (Gravitationswellen) noch reine transversale Oberflächenwellen vorkommen, die auf die ersten sich überlagern. Die Veränderlichkeit von  $\frac{z_m}{h_m}$  für ein und dasselbe Beben scheint ein Beleg für diese Ansicht zu sein.

Die hier aufgeworfene Frage nach der Grösse des Verhältnisses  $\frac{z_m}{h_m}$  verdient wohl eine eingehendere Untersuchung auf Grund eines reichen und systematisch gesammelten Beobachtungsmaterials. Die hier angeführten Daten müssen also nur als ganz vorläufig betrachtet werden. Es ist nur ein erster Versuch, an diese interessante Frage heranzutreten.

Eines aber steht wohl fest: das beobachtete Verhältnis der maximalen vertikalen Bodenbewegung zur entsprechenden horizontalen Verschiebung in den Hauptwellen der Maximalphase eines Fernbebens ist immer *kleiner* als der theoretische Wert 1.47.

Das dritte Resultat der Verarbeitung der Pulkowaer Seismogramme bezieht sich auf die Bestimmung des *scheinbaren* Emergenzwinkels der seismischen Strahlen der ersten Vorphase.

Beim Auftreten der ersten longitudinalen Bebenwelle erfährt ein Element der Bodenoberfläche im Beobachtungsort eine entsprechende Verrückung. Dieselbe geht alsbald durch ein Maximum hindurch. Die Komponenten dieser maximalen Bodenverschiebung seien wie früher durch  $x_N$ ,  $x_E$  und  $z_m$  und die entsprechenden Ausschläge des Lichtpunktes auf den Seismogrammen durch  $y_N$ ,  $y_E$  und  $y_z$  bezeichnet.

Die erste totale maximale Horizontalverschiebung wird dann

$$h_m = \sqrt{(x_N)^2 + (x_E)^2}.$$

Das Verhältnis von  $z_m$  zu  $h_m$  gibt in diesem Falle die Tangente des gesuchten *scheinbaren* Emergenzwinkels  $\bar{e}$ .

$$\text{tang } \bar{e} = \frac{z_m}{h_m} \dots \dots \dots (3)$$

Für die Berechnung der Komponenten der wahren maximalen Bodenverschiebung kann man in diesem Falle *keineswegs* die früher angegebene Formel (1) für die Maximalphase anwenden, da der erste maximale Ausschlag auf den Seismogrammen fast sofort, nach 1 oder 2 Sekunden, nach dem Einsatz von  $P$  auftritt und die Eigenbewegung des Seismographen selbst, wenn derselbe auch stark gedämpft wird, sich noch geltend macht. Es muss daher jetzt den Anfangsbedingungen der Bewegung Rechenschaft getragen werden. Es können nämlich die bekannten Exponentialglieder im allgemeinen Ausdruck für die Bodenverschiebung nicht mehr vernachlässigt werden.

Dadurch fällt die Aufgabe etwas komplizierter aus, aber sie lässt sich doch rechnerisch durchführen.

In meinem früheren Aufsatz „Zur Frage der Bestimmung des Azimuts des Epizentrums eines Bebens“<sup>1</sup> habe ich die dazu nötigen Formeln angegeben. Ich werde dieselben hier kurz rekapitulieren.

Es bedeutet  $x$  eine der drei Komponenten der wahren Bodenverschiebung und  $x_m$  den maximalen Wert derselben. Dann können wir für eine einfache harmonische longitudinale Erdbebenwelle setzen

$$x = x_m \sin 2\pi \frac{t}{T_p},$$

wo  $T_p$  die Periode der Bebenwelle bedeutet.

Bedeutet nun  $T$  die Eigenperiode des Seismographen selbst ohne Dämpfung,  $C_1$  die früher erwähnte zusammengesetzte Seismographenkonstante [vergl. Formel (2)] und  $y_m$  die maximale gemessene Amplitude auf dem Seismogramm und setzen wir

$$u = \frac{T_p}{T}$$

und

$$\xi = 2\pi \frac{t}{T_p}, \dots \dots \dots (4)$$

so lässt sich  $x_m$ , wenn das Pendel genau auf der Grenze der Aperiodizität steht ( $\mu^2 = 0$ ) und die Eigenperioden des Pendels und Galvanometers einander gleich sind, durch folgende Formel ausdrücken:

$$x_m = C_1 \frac{y_m}{T_p} \cdot \frac{1}{F(\xi_m)} \dots \dots \dots (5)$$

Hierin bedeutet  $\xi_m$  die erste Wurzel der Gleichung

$$\frac{dF(\xi)}{d\xi} = 0.$$

Die Funktion  $F(\xi)$  hat nun folgende Gestalt:

$$F(\xi) = e^{-u\xi} [a_0 + a_1 \xi + a_2 \xi^2 + a_3 \xi^3] + g \cos \xi + h \sin \xi \dots \dots \dots (6)$$

Die in dieser Formel auftretenden Koeffizienten sind Funktionen nur des Verhältnisses  $u$ .

<sup>1</sup> Bulletin de l'Académie Impériale des Sciences de St-Petersbourg (1909), No. 14, p. 999.

Sie lauten wie folgt:

$$\begin{aligned}
 a_0 &= \frac{1-6u^2+u^4}{(1+u^2)^4} & g &= -\frac{1-6u^2+u^4}{(1+u^2)^4} = -a_0 \\
 a_1 &= -\frac{u(3-u^2)}{(1+u^2)^3} & h &= \frac{4u(1-u^2)}{(1+u^2)^4} \\
 a_2 &= \frac{1}{2} \frac{u^2(3+u^2)}{(1+u^2)^2} \\
 a_3 &= -\frac{1}{6} \frac{u^3}{1+u^2}.
 \end{aligned}$$

Somit sind  $\xi_m$  und  $F(\xi_m)$  nur Funktionen von  $u$ .

Sind nun  $T_p$  und  $y_m$  aus den Seismogrammen entnommen, so kann man  $x_m$  nach der Formel (5) berechnen.

Der Moment des entsprechenden Maximums  $t_m$  auf dem Seismogramm (Anfang der Zeit-zählung im Punkte  $P$ ) ergibt sich unmittelbar aus der Formel (4).

$$t_m = \frac{T}{2\pi} \cdot u \cdot \xi_m \cdot \dots \cdot \dots \cdot \dots \quad (7)$$

Durch Vergleichung dieses berechneten Wertes von  $t_m$  mit dem direkt beobachteten gewinnt man ein Urteil, inwieweit die Periode der Bebenwelle richtig bestimmt worden ist.

In meinem eben erwähnten Aufsatz habe ich die Werte von  $\xi_m$  und  $F(\xi_m)$  für einige ausgewählte  $u$  direkt berechnet und tabellarisch zusammengestellt. Durch graphische Interpolation habe ich jetzt diese Tabelle vervollständigt.

In den folgenden Tabellen II und III sind nun die Werte von  $\xi_m$  und  $F(\xi_m)$  gegeben und zwar für verschiedene Werte von  $u$ , von  $u=0.01$  bis  $u=1.00$ .

Tabelle II.

$u$	$\xi_m$	$\Delta$	$u$	$\xi_m$	$\Delta$
0.01	3.065	- 0.072	0.51	1.513	- 0.015
0.02	2.993	67	0.52	1.498	14
0.03	2.926	63	0.53	1.484	14
0.04	2.863	60	0.54	1.470	14
0.05	2.803	56	0.55	1.456	14
0.06	2.747	53	0.56	1.442	14
0.07	2.694	51	0.57	1.428	13
0.08	2.643	48	0.58	1.415	13
0.09	2.595	46	0.59	1.402	13
0.10	2.549	44	0.60	1.389	13
0.11	2.505	42	0.61	1.376	12
0.12	2.463	41	0.62	1.364	12
0.13	2.422	39	0.63	1.352	12
0.14	2.383	38	0.64	1.340	12
0.15	2.345	36	0.65	1.328	11
0.16	2.309	35	0.66	1.317	11
0.17	2.274	34	0.67	1.306	11
0.18	2.240	33	0.68	1.295	11
0.19	2.207	32	0.69	1.284	11
0.20	2.175	31	0.70	1.273	11
0.21	2.144	30	0.71	1.262	10
0.22	2.114	29	0.72	1.252	10
0.23	2.085	28	0.73	1.242	10
0.24	2.057	27	0.74	1.232	10
0.25	2.030	27	0.75	1.222	10
0.26	2.003	26	0.76	1.212	10
0.27	1.977	25	0.77	1.202	10
0.28	1.952	24	0.78	1.192	10
0.29	1.928	24	0.79	1.182	9
0.30	1.904	23	0.80	1.173	9
0.31	1.881	23	0.81	1.164	9
0.32	1.858	22	0.82	1.155	9
0.33	1.836	22	0.83	1.146	9
0.34	1.814	21	0.84	1.137	9
0.35	1.793	20	0.85	1.128	9
0.36	1.773	20	0.86	1.119	8
0.37	1.753	20	0.87	1.111	8
0.38	1.733	19	0.88	1.103	8
0.39	1.714	19	0.89	1.095	8
0.40	1.695	19	0.90	1.087	8
0.41	1.676	18	0.91	1.079	8
0.42	1.658	18	0.92	1.071	8
0.43	1.640	17	0.93	1.063	8
0.44	1.623	17	0.94	1.055	8
0.45	1.606	16	0.95	1.047	7
0.46	1.590	16	0.96	1.040	7
0.47	1.574	16	0.97	1.033	7
0.48	1.558	15	0.98	1.026	7
0.49	1.543	15	0.99	1.019	7
0.50	1.528	15	1.00	1.012	

Tabelle III.

$u$	$F(\xi_m)$	$\Delta$	$u$	$F(\xi_m)$	$\Delta$
0.01	1.879	- 0.109	0.51	0.284	- 0.007
0.02	1.770	99	0.52	0.277	7
0.03	1.671	91	0.53	0.270	7
0.04	1.580	84	0.54	0.263	6
0.05	1.496	78	0.55	0.257	6
0.06	1.418	72	0.56	0.251	6
0.07	1.346	66	0.57	0.245	6
0.08	1.280	61	0.58	0.239	6
0.09	1.219	58	0.59	0.233	5
0.10	1.161	54	0.60	0.228	5
0.11	1.107	51	0.61	0.223	5
0.12	1.056	47	0.62	0.218	5
0.13	1.009	45	0.63	0.213	5
0.14	0.964	41	0.64	0.208	5
0.15	0.923	39	0.65	0.203	4
0.16	0.884	36	0.66	0.199	4
0.17	0.848	34	0.67	0.195	4
0.18	0.814	31	0.68	0.191	4
0.19	0.783	29	0.69	0.187	4
0.20	0.754	28	0.70	0.183	4
0.21	0.726	26	0.71	0.179	4
0.22	0.700	25	0.72	0.175	4
0.23	0.675	24	0.73	0.171	4
0.24	0.651	23	0.74	0.167	3
0.25	0.628	22	0.75	0.164	3
0.26	0.606	21	0.76	0.161	3
0.27	0.585	21	0.77	0.158	3
0.28	0.564	20	0.78	0.155	3
0.29	0.544	19	0.79	0.152	3
0.30	0.525	18	0.80	0.149	3
0.31	0.507	17	0.81	0.146	3
0.32	0.490	16	0.82	0.143	3
0.33	0.474	15	0.83	0.140	3
0.34	0.459	14	0.84	0.137	3
0.35	0.445	13	0.85	0.134	2
0.36	0.432	13	0.86	0.132	2
0.37	0.419	12	0.87	0.130	2
0.38	0.407	12	0.88	0.128	2
0.39	0.395	11	0.89	0.126	2
0.40	0.384	11	0.90	0.124	2
0.41	0.373	10	0.91	0.122	2
0.42	0.363	10	0.92	0.120	2
0.43	0.353	10	0.93	0.118	2
0.44	0.343	9	0.94	0.116	2
0.45	0.334	9	0.95	0.114	2
0.46	0.325	9	0.96	0.112	2
0.47	0.316	8	0.97	0.110	2
0.48	0.308	8	0.98	0.108	2
0.49	0.300	8	0.99	0.106	2
0.50	0.292	8	1.00	0.104	

Mit Hilfe der Tabelle III lassen sich die gesuchten Komponenten der wahren Bodenbewegung und folglich der scheinbare Emergenzwinkel in sehr einfacher Weise berechnen.  
Das folgende Zahlenbeispiel mag diese Frage erläutern.

### Erdbeben am 24. VI 1910.

Epizentrum in Algerien.  
Epizentralentfernung  $\Delta = 3140$  km.

### Seismographenkonstanten.

NS-Komponente	EW-Komponente	Z-Komponente
$l = 185.8$ mm	186.2 mm	377.6 mm
$k = 54.3$	48.6	236.5
$A_1 = 1099$ mm	1105 mm	915 mm
$T = 23.2^s$	23.2 <sup>s</sup>	13.7 <sup>s</sup>
$\mu^2 = +0.12$	+0.02	-0.01
$\text{Lg } C_N = 3.9904$	$\text{Lg } C_E = 2.0371$	$\text{Lg } C_z = 3.7389.$

Für praktische Zwecke kann man annehmen, dass alle drei Seismographen auf der Aperiodizitätsgrenze standen, denn, wenn auch für die NS-Komponente  $\mu^2 = +0.12$  sich ergab, so entspricht dies nach der Tabelle I der von mir veröffentlichten „Seismometrischen Tabellen“ einem so enorm grossen Dämpfungsverhältnis  $v = 4950$ , dass dem entsprechenden Seismographen wohl die Eigenschaften eines aperiodischen Instruments zugeschrieben werden können.

Aus den Seismogrammen liessen sich folgende Daten entnehmen:

$$y_N = +0.54 \text{ mm} \quad y_E = +0.55 \text{ mm} \quad y_z = +0.95 \text{ mm} \quad T_p = 4.4^s \quad t_m = 1.3^s,$$

also

$$\begin{array}{llll} u = 0.190 & 0.190 & 0.321 & \\ F(\xi_m) = 0.783 & 0.783 & 0.488 & \text{(Tabelle III)} \\ & & \xi_m = 1.856 & \text{(Tabelle II)} \end{array}$$

Mit Hilfe dieser Daten findet man

$$x_N = 1.53^\mu \quad x_E = 1.74^\mu \quad z_m = 2.42^\mu,$$

also

$$h_m = 2.32^\mu$$

und

$$\bar{e} = 46^\circ 12'.$$

Der berechnete Wert von  $t_m$  ist ebenfalls  $1.3^s$ .

In diesem Falle ist der berechnete mit dem beobachteten Wert von  $t_m$  völlig identisch, aber es können selbstverständlich Unterschiede von einigen Zehnteln Sekunden sehr leicht vorkommen.

Wir sehen also, dass, wenn man über passende und sehr empfindliche Seismographen verfügt, die Bestimmung des scheinbaren Emergenzwinkels keine Schwierigkeiten darbietet.

Unter wahren Emergenzwinkel  $e$  versteht man den Winkel, welchen die Tangente an der Kurve der wirklichen Bahn des entsprechenden seismischen Strahles in ihrem Schnittpunkte mit der Erdoberfläche mit dem Horizont im Beobachtungsort bildet (vergl. die Fig. 1).



$E$  — ist das Epizentrum,  $B$  — der Beobachtungsort,  $\Delta$  — die Epizentralentfernung.

Bekanntlich lässt sich der wahre Emergenzwinkel in sehr einfacher Weise aus der Laufzeitkurve der ersten Vorläufer ableiten.

Bedeutet  $T$  die Laufzeit der ersten longitudinalen Wellen, so ist  $T$  als Funktion von  $\Delta$  bekannt.

Nehmen wir jetzt einen benachbarten Punkt  $B_1$  in der Entfernung  $\Delta + d\Delta$  vom Epizentrum; die entsprechende Zunahme der Laufzeit sei  $dT$ .

Nun ergibt sich aus dem elementaren Dreieck  $CBB_1$

$$CB_1 = d\Delta \cos e.$$

Andererseits, wenn  $V_1$  die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der longitudinalen Wellen in den oberen Erdschichten bedeutet, haben wir

$$CB_1 = V_1 dT.$$

Vergleicht man diese beiden Ausdrücke, so folgt

$$\cos e = V_1 \frac{dT}{d\Delta} \dots \dots \dots (8)$$

$\frac{dT}{d\Delta}$  ergibt sich sofort aus der Laufzeitkurve.

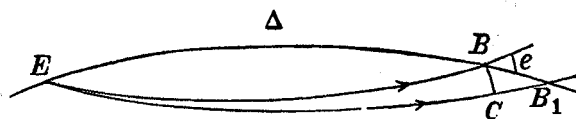


Fig. 1.

Was nun den scheinbaren Emergenzwinkel  $\bar{e}$ , welcher der Richtung der resultierenden, wirklichen Bodenverschiebung entspricht, anbelangt, so ist  $\bar{e}$  im Allgemeinen von  $e$  verschieden. Dies ist eine Folge gewisser Energieumwandlungen, wie z. B. Reflexionen, die beim Anstossen der seismischen Strahlen an der Erdoberfläche zustande kommen.

Die Frage nach der theoretischen Beziehung zwischen  $e$  und  $\bar{e}$  ist ein sehr wichtiges, aber doch kein einfaches Problem, wenn man dasselbe ganz streng behandeln möchte.

WIECHERT hat für diese Beziehung eine Formel aufgestellt, die sich in folgender Form schreiben lässt

$$\cos e = \frac{V_1}{V_2} \sqrt{\frac{1 - \sin \bar{e}}{2}} \dots \dots \dots (9)$$

Hierin bedeutet  $V_1$  die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der longitudinalen und  $V_2$  die der transversalen Wellen in den allerobersten Erdschichten.

Vergleicht man beide Formeln (8) und (9) mit einander, so ergibt sich

$$V_2 = \frac{\sqrt{\frac{1 - \sin \bar{e}}{2}}}{\frac{dT}{d\Delta}} \dots \dots \dots (10)$$

Nach dieser Formel ist die Möglichkeit geboten, aus dem gemessenen scheinbaren Emergenzwinkel  $\bar{e}$  die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der transversalen Wellen in den obersten Erdschichten direkt zu ermitteln, worauf neulich BENNDORF aufmerksam gemacht hat.

Aus der Formel (9) ergibt sich weiter

$$\sin \bar{e} = 1 - 2 \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^2 \cos^2 e \quad \dots \quad (11)$$

Nun haben ZOEPPRITZ und GEIGER<sup>1</sup> aus der Laufzeitkurve der ersten Vorläufer die Werte von  $e$  für verschiedene Epizentralentfernungen bis  $\Delta = 13000$  km berechnet.

Setzt man nach ZOEPPRITZ und GEIGER (l. c.)  $V_1 = 7.17 \frac{\text{km}}{\text{Sec.}}$  und  $V_2 = 4.01 \frac{\text{km}}{\text{Sec.}}$ , so lassen sich die Werte des scheinbaren Emergenzwinkels  $\bar{e}$  berechnen.

Die entsprechenden Zahlen, auf 1° abgerundet, befinden sich in der folgenden Tabelle IV.

Tabelle IV.

$\Delta$	$e$	$\bar{e}$
0 km	0°	22°
500	11	23
1000	21	27
1500	30	32
2000	37	37
2500	44	42
3000	49	47
3500	53	52
4000	57	54
4500	60	58
5000	63	60
5500	65	62
6000	65	62
6500	65	63
7000	65	63
7500	66	63
8000	66	64
8500	67	64
9000	67	65
9500	68	66
10000	69	67
10500	70	67
11000	70	68
11500	71	69
12000	72	70
12500	73	71
13000	74	72

<sup>1</sup> Über Erdbebenwellen. III. Berechnung von Weg und Geschwindigkeit der Vorläufer. Nachrichten der K. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Mathematisch-physikalische Klasse. 1909.

Die Zahlen dieser Tabelle zeigen, dass von  $\Delta=0$  bis  $\Delta=2000$   $\bar{e}$  grösser als  $e$  ausfällt, wobei bei  $\Delta=2000$  beide Winkel einander gleich sind. Der allerkleinste mögliche scheinbare Emergenzwinkel soll noch  $22^\circ$  betragen. Von  $\Delta=2000$  ab ist  $\bar{e}$  stets kleiner als  $e$ , aber die Unterschiede sind ganz und gar unbedeutend, da sie  $3^\circ$  niemals übersteigen.

Der erste, welcher sich mit der Frage nach der direkten Bestimmung des scheinbaren Emergenzwinkels befasst hat, war der leider so früh verstorbene SCHLÜTER. Seitdem hat, meines Wissens, sich niemand mit dieser Frage beschäftigt, obgleich manche Stationen mit Vertikalseismographen ausgerüstet sind.

Nun liessen sich aus dem in der letzten Zeit in Pulkowa gesammelten Beobachtungsmaterial 19 Erdbeben zur Bestimmung des scheinbaren Emergenzwinkels in der früher besprochenen Weise verwerten.

Die entsprechenden Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle V zusammengestellt.

Die erste Kolumne enthält das Datum des Bebens, die zweite die angenäherte Lage des Epizentrums, die dritte die Epizentralentfernung  $\Delta$  und die vierte den entsprechenden scheinbaren Emergenzwinkel  $\bar{e}$  auf  $1^\circ$  abgerundet. Dieselben sind nach wachsenden  $\Delta$  geordnet.

Tabelle V.

D a t u m	Lage des Epizentrums	$\Delta$	$\bar{e}$
18. II 1911	Monastir . . . . .	2260 km	51°
30. XII 1910	In der Nähe von Grönland (?) .	2390	50
8. VI 1911	Derbent . . . . .	2450	51
4. IV 1911	Griechenland . . . . .	2490	43
30. IV 1911	Klein-Asien . . . . .	2530	48
24. VI 1910	Algerien . . . . .	3140	46
12. VII 1910	N-Afghanistan . . . . .	3840	42
17. VII 1910	Ochotskisches Meer . . . . .	5800	51
4—5. V 1911	Kamtschatka . . . . .	6540	51
9. IX 1910	Kurilen . . . . .	7470	57
10. IX 1910	Nippon . . . . .	7710	60
1. IX 1910	Formosa . . . . .	7770	52
1. IX 1910	Formosa . . . . .	7770	61
13. V 1911	In der Nähe von Honkong. . .	8270	59
5. VIII 1910	Californien . . . . .	8540	68
4. V 1911	Sumatra . . . . .	9570	68
11. IV 1911	Pacifischer Ozean . . . . .	13800 <sup>1</sup>	71
15. VII 1911	Pacifischer Ozean . . . . .	14210 <sup>1</sup>	74
29. VI 1911	Pacifischer Ozean . . . . .	14600 <sup>1</sup>	76

Betrachtet man die Zahlen dieser Tabelle, so wird man wohl geneigt sein anzunehmen, dass der scheinbare Emergenzwinkel  $\bar{e}$  nicht nur von der Epizentralentfernung, sondern auch von der Richtung, aus welcher die Erdbebenwellen herkommen, abhängig sein soll. Dies ist an und

<sup>1</sup> Durch Extrapolation ermittelt.

für sich sehr plausibel, denn der Wert von  $\bar{\epsilon}$  muss unbedingt abhängig sein von den physikalischen Eigenschaften derjenigen geologischen Schichten, speziell in der Nähe der Erdoberfläche, welche die seismischen Strahlen auf ihrem Wege treffen. Es dürfte also nicht nur ein einziges Gesetz für die Beziehung zwischen  $\bar{\epsilon}$  und  $\Delta$  bestehen, sondern es müsste eigentlich, streng genommen, jeder einzelne Fall besonders untersucht werden. Man kann aber in erster Annäherung von einem *mittleren* Abhängigkeitsgesetz sprechen. Um dasselbe zu erhalten, habe ich die früher angegebenen Daten in ein Koordinatennetz eingetragen und durch die so erhaltenen Punkte eine mittlere Kurve gezogen, welche infolge des bis jetzt gesammelten dürftigen Beobachtungsmaterials nur als ganz provisorisch betrachtet werden soll. Dieselbe ist auf der Fig. 2 wiedergegeben. Als Abszissen sind die Epizentralentfernungen in Megametern aufgetragen.

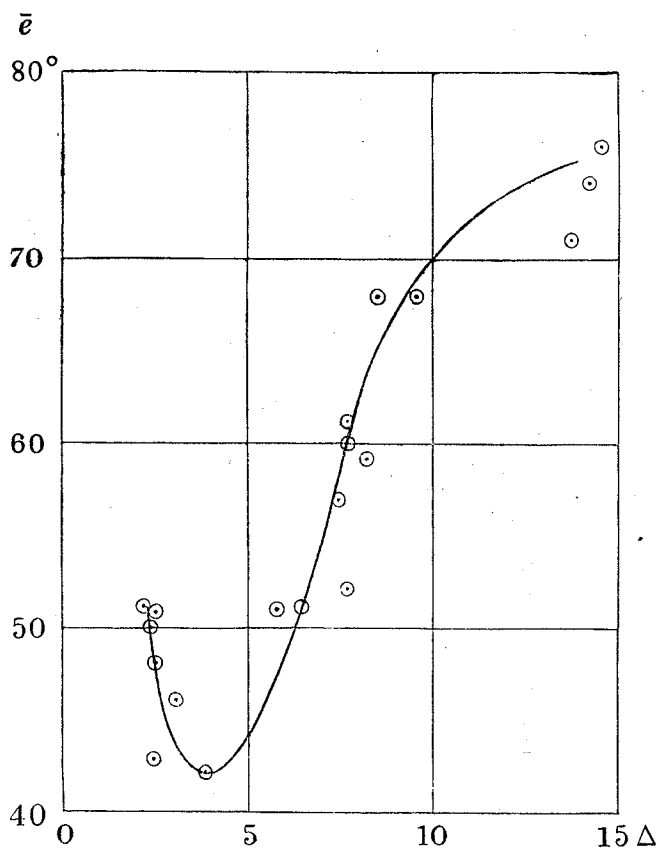


Fig. 2.

Aus dieser Kurve lassen sich die mittleren, den verschiedenen  $\Delta$  entsprechenden Werte von  $\bar{\epsilon}$  entnehmen. Dieselben sind in der folgenden Tabelle VI zusammengestellt. Ich habe noch dabei die SCHLÜTERSchen Daten hinzugefügt.

Vergleicht man nun die Werte von  $\bar{\epsilon}$  in dieser Tabelle, die aus den Pulkowaer Beobachtungen entnommen sind, mit denjenigen Werten von  $\bar{\epsilon}$ , die in der Tabelle IV (aus der Laufzeitkurve) niedergelegt sind, so sehen wir, dass, in Anbetracht der Schwierigkeit dieser Bestimmungen, die Übereinstimmung zwischen beiden von  $\Delta = 8000$  ab als eine gute bezeichnet werden darf, da der Unterschied zwischen beiden höchstens  $4^\circ$  beträgt. Auch für  $\Delta = 2500$  und  $\Delta = 3000$  ist die Übereinstimmung befriedigend.

Aber von  $\Delta = 3000$  bis  $\Delta = 8000$  nimmt  $\bar{\epsilon}$  in der Tabelle IV stetig mit wachsendem  $\Delta$  zu, während nach Pulkowa  $\bar{\epsilon}$  durch ein Minimum von  $42^\circ$  etwa bei  $\Delta = 4000-4500$  hindurchgeht.

Zur Zeit ist es unmöglich mit Sicherheit zu sagen, ob dieses Minimum wirklich reell ist und nicht etwa durch geologische Abnormitäten derjenigen Schichten, durch welche die seismischen Strahlen von den betreffenden Erdbeben hindurchgegangen sind, bedingt ist. Um dies zu entscheiden, muss man abwarten, bis ein reicheres Beobachtungsmaterial gesammelt ist.

Tabelle VI.

$\Delta$	$\bar{\epsilon}$ (nach Pulkowa)	$\bar{\epsilon}$ (nach SCHLÜTER)
2000—2100 km	—	29°—39°
2500	48°	57
3000	44	59
3500	43	—
4000	42	—
4500	43	—
5000	44	—
5500	46	—
6000	48	—
6500	51	—
7000	54	—
7500	58	64
8000	62	69
8500	65	73
9000	67	75
9500	68	—
10000	70	—
10500	71	—
11000	72	—
11500	72	78
12000	73	—
12500	73	—
13000	74	—
13500	74	—
14000	75	80

Auf jeden Fall verdient ein eingehendes Studium des scheinbaren Emergenzwinkels auf Grund von zuverlässigen Beobachtungsdaten vorgenommen zu werden, da es uns einen neuen Weg zur Erforschung der Beschaffenheit des Erdinnern bahnt.

Die hier beschriebene Methode zur Bestimmung des scheinbaren Emergenzwinkels leidet jedoch an einigen Mängeln.

Erstens setzt sie eine harmonische longitudinale Bebenwelle beim Eintreffen der ersten Vorläufer voraus; zweitens erfordert sie die Bestimmung der Periode der Bebenwelle  $T_p$ , was

zuweilen am Anfang der ersten Vorphase eine recht schwierige Sache ist; drittens wird die Berechnung der Funktion  $F(\xi_m)$  verlangt.

Man kann jedoch von allen diesen Mängeln in sehr einfacher Weise frei werden und eine Methode zur Bestimmung von  $\bar{e}$  angeben, die weder die Bestimmung von  $T_p$ , noch die Berechnung von  $F(\xi_m)$  erfordert und die für ein ganz beliebiges Gesetz der wahren Bewegung eines Bodenteilchens gültig ist.

Diese neue Methode möge jetzt kurz beschrieben werden.

Setzen wir voraus, dass alle drei Seismographen — zwei Horizontalpendel und ein Vertikal-seismograph — mit magnetischer Dämpfung und galvanometrischer Fernregistrierung, genau auf die Grenze der Aperiodizität eingestellt sind ( $\mu^2 = 0$ ). Wie dies zu bewerkstelligen ist, habe ich in meiner Abhandlung „Über ein neues aperiodisches Horizontalpendel mit galvanometrischer Fernregistrierung“<sup>1</sup> anderweitig besprochen.

Zugleich sollen die Eigenperioden  $T$  der drei Seismographen ohne Dämpfung unter einander gleich und ausserdem von den Eigenperioden  $T_1$  der entsprechenden Galvanometer nicht verschieden sein. Dieselben stehen, wie üblich, ebenfalls auf der Grenze der Aperiodizität. Diese letzte Bedingung lässt sich durch passende Auswahl der äusseren Widerstände in sehr einfacher Weise erfüllen. (Man vergleiche meine eben zitierte Abhandlung § 3.) Infolge ihrer sehr hohen Empfindlichkeit

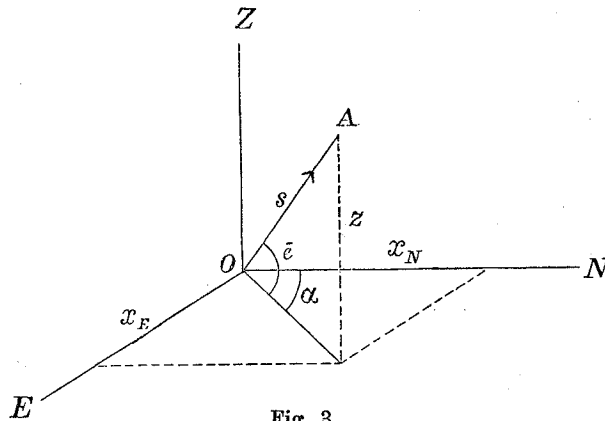


Fig. 3.

ist die galvanometrische Registriermethode für solche Untersuchungen, wie die Bestimmung des scheinbaren Emergenzwinkels der seismischen Strahlen, besonders gut geeignet.

Es soll nun im Zeitmoment  $t$   $s$  den absoluten Wert der wahren Bodenverrückung bedeuten;  $s$  soll dabei eine ganz beliebige Funktion von  $t$  sein.

$$s = f(t) \dots \dots \dots (12)$$

Der Winkel, welchen die Richtung von  $s$  mit dem Horizont bildet, ist der scheinbare Emergenzwinkel  $\bar{e}$ . (Siehe die Fig. 3).

Legen wir nun eine Koordinaten-Axe nach Norden, die andere nach Osten und die dritte nach dem Zenith hin, und bezeichnen wir die entsprechenden Komponenten der wahren Bodenverrückung mit  $x_N$ ,  $x_E$  und  $z$ , so ergibt sich

$$\left. \begin{aligned} x_N &= s \cos \bar{e} \cos \alpha \\ x_E &= s \cos \bar{e} \sin \alpha \\ z &= s \sin \bar{e}, \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (13)$$

wo  $\alpha$  den Azimut der wahren Bodenverrückung bedeutet.

<sup>1</sup> Comptes-rendus des séances de la Commission sismique permanente. T. IV. Livr. 1. § 5.

Nehmen wir zum Beispiel denjenigen Seismographen, welcher die *NS*-Komponente aufschreibt, so ergeben sich für denselben, wenn die früher erwähnten Bedingungen erfüllt sind, folgende zwei Differentialgleichungen (l. c. § 2):

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + 2n \frac{d\theta}{dt} + n^2\theta + \frac{1}{l} \cos \bar{e} \cdot \cos \alpha \frac{d^2s}{dt^2} = 0 \quad \dots \quad (14)$$

und

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2n \frac{d\varphi}{dt} + n^2\varphi + k \frac{d\theta}{dt} = 0 \quad \dots \quad (15)$$

Hierin bedeuten

- $\theta$  — den Winkelausschlag des Pendels,
- $\varphi$  — den Winkelausschlag des Galvanometers,
- $l$  — die reduzierte Pendellänge,
- $k$  — den Übertragungsfaktor.

Was nun die Konstante  $n$  anbelangt, so ist

$$n = \frac{2\pi}{T},$$

wo  $T$  die Eigenperiode des Seismographen ohne Dämpfung bedeutet.

Führen wir nun folgende neue Variable ein:

$$\xi = nt \quad \dots \quad (16)$$

und setzen

$$-\frac{1}{n^2} \frac{d^2s}{dt^2} = \Phi(\xi, n) \quad \dots \quad (17)$$

Dann lassen sich die vorigen Gleichungen in folgende Form bringen:

$$\frac{d^2\theta}{d\xi^2} + 2 \frac{d\theta}{d\xi} + \theta = \frac{1}{l} \cos \bar{e} \cdot \cos \alpha \Phi(\xi, n) \quad \dots \quad (18)$$

und

$$\frac{d^2\varphi}{d\xi^2} + 2 \frac{d\varphi}{d\xi} + \varphi = -\frac{k}{n} \frac{d\theta}{d\xi} \quad \dots \quad (19)$$

Das allgemeine Integral der Gleichung (18) lautet wie folgt:

$$\theta = \bar{e} \xi \left[ \Gamma_1 + \Gamma_2 \xi \right] - \frac{1}{l} \cos \bar{e} \cos \alpha \Psi(\xi, n), \quad \dots \quad (20)$$

wo die Funktion  $\Psi(\xi, n)$  folgende Bedeutung hat:

$$\Psi(\xi, n) = \bar{e} \xi \left[ \int \xi e^{\xi} \Phi(\xi, n) d\xi - \xi \int e^{\xi} \Phi(\xi, n) d\xi \right].$$

$\Gamma_1$  und  $\Gamma_2$  sind zwei Integrationskonstanten, die aus den Anfangsbedingungen der Bewegung sich unmittelbar bestimmen lassen.

Für den Anfang der Zeitzählung wollen wir den Moment des Eintreffens der ersten Vorläufer  $P$  nehmen. Wenn vorher Bodenruhe herrschte, so wird für  $t=0$ , oder  $\xi=0$ ,  $\theta=0$ .

Die anfängliche Winkelgeschwindigkeit  $\left(\frac{d\theta}{dt}\right)_{t=0}$  ergibt sich aus der Gleichung (14), wenn wir dieselbe gliedweise zwischen  $0$  und  $\tau$  integrieren, wo  $\tau$  eine sehr kleine Grösse bedeutet, und alsdann zur Grenze übergehen und  $\tau$  gleich Null setzen.

Es ergibt sich

$$\left(\frac{d\theta}{dt}\right)_{t=0} = -\frac{1}{l} \cos \bar{e} \cos \alpha \left(\frac{ds}{dt}\right)_{t=0}$$

oder

$$\left(\frac{d\theta}{d\xi}\right)_{\xi=0} = -\frac{1}{n} \cdot \frac{1}{l} \cos \bar{e} \cos \alpha \left(\frac{ds}{dt}\right)_{t=0}$$

Aus der Gleichung (20) ergeben sich für diese Anfangsbedingungen folgende Werte der Konstanten  $\Gamma_1$  und  $\Gamma_2$ :

$$\Gamma_1 = \frac{1}{l} \cos \bar{e} \cos \alpha \Psi(0, n)$$

und

$$\Gamma_2 = \frac{1}{l} \cos \bar{e} \cos \alpha \left[ \Psi(0, n) - \frac{1}{n} \left(\frac{ds}{dt}\right)_{t=0} + \left(\frac{d\Psi(\xi, n)}{d\xi}\right)_{\xi=0} \right]$$

Führen wir diese Ausdrücke in die Formel (20) ein, so lässt sich  $\theta$  in folgender Form schreiben:

$$\theta = \frac{1}{l} \cos \bar{e} \cdot \cos \alpha X(\xi, n), \dots \dots \dots (21)$$

wo  $X(\xi, n)$  eine ganz bestimmte Funktion von  $\xi$  und  $n$  ist.

Setzen wir nun

$$\Omega(\xi, n) = -\frac{1}{n} \frac{dX(\xi, n)}{d\xi},$$

so lässt sich die Gleichung (19) folgendermassen schreiben:

$$\frac{d^2\varphi}{d\xi^2} + 2\frac{d\varphi}{d\xi} + \varphi = \frac{k}{l} \cos \bar{e} \cos \alpha \Omega(\xi, n) \dots \dots \dots (22)$$

Diese Gleichung lässt sich in genau derselben Weise wie die Gleichung (18) behandeln.

Die Anfangsbedingungen der Bewegung sind die folgenden.

Für  $\xi=0$  wird  $\varphi=0$ .

Durch gliedweise Integration der Gleichung (15), ergibt sich, da für  $t=0$   $\theta=0$  wird,

$$\left(\frac{d\varphi}{dt}\right)_{t=0} = 0,$$

folglich auch

$$\left(\frac{d\varphi}{d\xi}\right)_{\xi=0} = 0.$$

Es lässt sich also  $\varphi$  in folgende Form bringen

$$\varphi = \frac{k}{l} \cos \bar{e} \cos \alpha F(\xi, n) \dots \dots \dots (23)$$

Das erste Maximum für  $\varphi$ , welches wir mit  $\varphi_m$  bezeichnen werden, ergibt sich aus der Bedingung

$$\frac{dF(\xi, n)}{d\xi} = 0.$$

Die entsprechende Wurzel dieser Gleichung soll  $\xi_m$  heissen.

Bezeichnen wir noch mit  $A_1$  die Entfernung des Spiegels am Galvanometer von der Oberfläche der Registriertrommel in der Richtung des normal einfallenden Strahles und mit  $y_m$  die dem



Winkel  $\varphi_m$  entsprechende Ablenkung des Lichtpunktes auf dem Registrierbogen von seiner Ruhelage, so wird

$$y_m = 2A_1 \varphi_m$$

sein.

Es ergibt sich also

$$y_m = \frac{kA_1}{l} \cos \bar{e} \cos \alpha \cdot 2 F(\xi_m, n) \quad \dots \quad (24)$$

Die Konstanten  $k$ ,  $A_1$  und  $l$  sind für die einzelnen Seismographen verschieden, aber der Wert der Funktion  $F(\xi_m, n)$  ist derselbe, da  $n$  für alle drei Seismographen nach unserer Voraussetzung einen und denselben Wert besitzt. Wollen wir nun die maximalen Ablenkungen  $y_m$ , sowie die zusammengesetzte Konstante  $\frac{kA_1}{l}$  für die drei Seismographen resp. durch die Indices  $N$ ,  $E$  und  $z$  unterscheiden, dann können wir auf Grund der Formel (24) und der Beziehungen (13) schreiben:

$$y_N = \left(\frac{kA_1}{l}\right)_N \cos \bar{e} \cos \alpha \cdot 2 F(\xi_m, n)$$

$$y_E = \left(\frac{kA_1}{l}\right)_E \cos \bar{e} \sin \alpha \cdot 2 F(\xi_m, n)$$

$$y_z = \left(\frac{kA_1}{l}\right)_z \sin \bar{e} \cdot 2 F(\xi_m, n).$$

Hieraus ergibt sich

$$\cos \bar{e} = \frac{1}{2 F(\xi_m, n)} \cdot \sqrt{\left(\frac{l}{kA_1}\right)_N^2 y_N^2 + \left(\frac{l}{kA_1}\right)_E^2 y_E^2}$$

$$\sin \bar{e} = \frac{1}{2 F(\xi_m, n)} \cdot \left(\frac{l}{kA_1}\right)_z y_z$$

und schliesslich

$$\operatorname{tg} \bar{e} = \frac{\left(\frac{l}{kA_1}\right)_z y_z}{\sqrt{\left(\frac{l}{kA_1}\right)_N^2 y_N^2 + \left(\frac{l}{kA_1}\right)_E^2 y_E^2}} \quad \dots \quad (25)$$

Nach dieser sehr einfachen Formel lässt sich nun der scheinbare Emergenzwinkel leicht berechnen. Man braucht dazu nur die Amplitude der nach dem Eintritt von  $P$  ersten maximalen Ablenkung des Lichtpunktes auf allen drei Seismogrammen zu messen. Das Bewegungsgesetz eines Bodenteilchens kann dabei ein ganz beliebiges sein und jede Periodenbestimmung der Bebenwellen und Funktionberechnung fällt gänzlich weg. Es wird dabei nur die Gleichheit aller Perioden und die Bedingung der Aperiodizitätsgrenze für alle Instrumente verlangt.

Es würde sich lohnen, diese Methode bei wirklichen seismometrischen Beobachtungen anzuwenden. Man könnte dabei wohl zu viel einwandfreieren Resultaten gelangen.

## Über eine dynamische Skala zur Schätzung von makroseismischen Bewegungen.

Von Fürst B. GALITZIN.

Es ist bekanntlich zur Zeit die Möglichkeit geboten, durch Anwendung von passend konstruierten und gedämpften Seismographen den Charakter der wahren Bodenbewegung, resp. die Amplituden und Perioden der Bodenverrückungen bei harmonischen Erdbebenwellen für entfernte Beben zu bestimmen. Aus diesen Daten lässt sich unmittelbar die maximale Bodenbeschleunigung ableiten, die uns sofort ein Kriterium für die Intensität der stattgefundenen Bodenbewegung liefert.

Es steht prinzipiell nichts im Wege, dieselben Prinzipien auch für Nahbeben, sogar selbst im Epizentralgebiet anzuwenden, es müssen aber die zu dem Zweck zu benutzenden Seismographen viel unempfindlicher sein, und sehr solid konstruiert werden. Dadurch würde man imstande sein die Intensität eines Bebens im pleistoseistischen oder Epizentralgebiet auf instrumenteller Grundlage festzustellen. Dieser Weg wird jedoch sehr selten eingeschlagen und man begnügt sich meistens damit, dass man die Intensität eines Bebens nach einer empirischen Stärkegrad-Skala schätzt (man sehe z. B. die Skala von ROSSI-FOREL und MERCALLI). Von diesen Methoden der Schätzung nach solchen Skalen ist schon bezüglich der Ausbreitung der seismischen Störungen etc., sehr viel Gebrauch gemacht worden, alle solche Skalen besitzen aber den Nachteil, dass sie sehr viel Subjektives in sich bergen, obgleich manche Versuche gemacht worden sind, ihnen eine mechanische Deutung zu geben.

Es wäre jedoch viel zweckmässiger, die Intensität eines Bebens durch die Grösse der entsprechenden maximalen Bodenbeschleunigung *direkt* zu charakterisieren, wenn die Möglichkeit geboten wäre, dieselbe mit Hilfe eines möglichst einfachen und allen zugänglichen Instruments festzustellen.

Eine Anzahl solcher Instrumente, die an verschiedenen Orten eines Schüttergebiets aufgestellt wären, könnten uns eventuell ein ziemlich vollständiges Bild über die Verteilung der Isoseisten liefern.

Die Konstruktion eines solchen einfachen Instruments könnte man auf die Erscheinung des Umkippen von Gegenständen bestimmter Form und bestimmter Dimensionen basieren.

Dieser Gedanke enthält nichts Neues und es sind in Japan auch Versuche in dieser Richtung gemacht worden, allein diese Methode hat keine allgemeine Anwendung gefunden, obgleich es vollkommen möglich wäre, auf Grund derselben eine reine dynamische und rationelle Intensitätsskala auszuarbeiten.

Im Folgenden möge ein kleiner Beitrag zur Lösung dieser sehr wichtigen Frage gegeben werden.

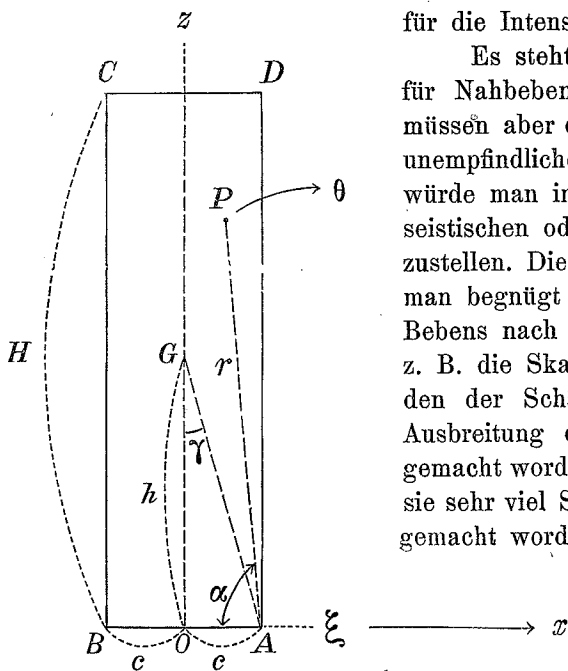


Fig. 1.

Denken wir uns ein hölzernes Parallelepipedon von der Höhe  $H$  und von der Breite  $2c$  (siehe die Figur 1). Dasselbe möge nach der dritten Richtung, senkrecht zur Ebene der Zeichnung, eine passende Länge haben, damit es eine genügende Stabilität in dieser Richtung besitze.

Die einzelnen Massen  $m$  seien symmetrisch in bezug auf die Mittellinie  $OG$  verteilt.

Die Gesamtmasse sei  $M = \Sigma m$  und  $G$  der Schwerpunkt des Systems, in der Entfernung  $h$  von der Grundfläche  $AB$ .

Es sei  $P$  ein beliebiger Punkt des Körpers in der Entfernung  $r$  von der Kante  $A$ ; der Winkel  $PAO$  sei  $\alpha$ .

Bezeichnen wir noch mit  $\rho$  den sogenannten Trägheitsradius, so ergibt sich

$$\left. \begin{aligned} \Sigma mr \sin \alpha &= Mh \\ \Sigma mr \cos \alpha &= Mc \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

und

$$\Sigma mr^2 = M\rho^2 \dots \dots \dots (2)$$

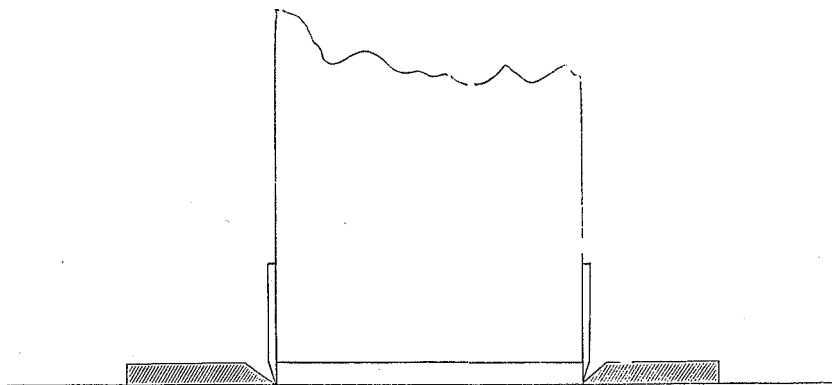


Fig. 2.

Setzen wir nun voraus, dass die Grundplatte, auf welcher dieses Parallelepipedon ruht, gewissen Verschiebungen  $x$  parallel der Linie  $BA$  ausgesetzt ist, wo  $x$  eine ganz beliebige Funktion der Zeit  $t$  sein kann.

$$x = f(t) \dots \dots \dots (3)$$

Dann kann das Parallelepipedon um eine der beiden Axen  $A$  oder  $B$  sich drehen. Der Drehungswinkel irgend eines Punktes des Systems von seiner Gleichgewichtslage aus sei  $\theta$ , wobei wir, wenn die Drehung nach rechts erfolgt (um die Axe  $A$ ),  $\theta$  das Vorzeichen  $-$  beilegen wollen.

Um die Drehungsaxen  $A$  und  $B$  besser zu präzisieren, kann man an den beiden Seiten des Parallelepipedons unten zwei dünne etwas nach unten herausragende und schräg abgeschliffene Metalleisten anschrauben und sie zwischen zwei ebenfalls schräg an der Kante abgeschliffenen und an der Grundplatte fest angeschraubten anderen Metalleisten einsetzen, wie dies auf der Fig. 2 angedeutet ist.

Dadurch wird ein Gleiten des Körpers verhindert, wobei die freie Beweglichkeit desselben immer noch bestehen bleibt.

Setzen wir weiter voraus, dass  $c$  im Vergleich zu  $h$  immer sehr klein ist und bezeichnen wir den Winkel  $OGA$  mit  $\gamma$ , so wird der grösste mögliche Ablenkungswinkel  $\theta$ , bei welchem ein Umkippen des Körpers nicht stattfindet, gleich  $\gamma = \frac{c}{h}$  sein.

Unser Körper hat also zwei Drehungsaxen  $A$  und  $B$ .

Die Differentialgleichung der Bewegung um eine dieser Axen, etwa um  $A$ , lässt sich ohne Schwierigkeit unter Anwendung des Lagrangeschen Prinzips ableiten.

Nehmen wir dazu ein im Raume festes rechtwinkliges Koordinatensystem  $\xi, \eta, \zeta$  an.

Für den Anfangspunkt der Koordinaten wählen wir den Punkt  $O$  (siehe die Fig. 1). Legen wir die  $\xi$ -Axe nach  $A$  hin, in die Richtung von  $x$  und die  $\zeta$ -Axe nach oben, nach dem Schwerpunkt des Systems  $G$ .

Wenn der Körper um die Axe  $A$  sich um den Winkel  $\theta$  gedreht hat und zugleich die Grundplatte um  $x$  verschoben wird, so werden die absoluten Koordinaten eines beliebigen Punktes  $P$  die folgenden sein:

$$\begin{aligned}\xi &= c - r \cos(\alpha + \theta) + x \\ \zeta &= r \sin(\alpha + \theta).\end{aligned}$$

Die dritte Koordinate brauchen wir nicht zu berücksichtigen, da sie unverändert bleibt. Die Geschwindigkeitskomponenten werden

$$\begin{aligned}\xi' &= r \sin(\alpha + \theta) \cdot \theta' + x' \\ \zeta' &= r \cos(\alpha + \theta) \cdot \theta'\end{aligned}$$

und die totale lebendige Kraft des Systems

$$T = \frac{1}{2} \Sigma m v^2 = \frac{1}{2} [\theta'^2 \Sigma m r^2 + 2x' \theta' \Sigma m r \sin(\alpha + \theta) + x'^2 \Sigma m].$$

Aus dieser Gleichung ergibt sich

$$\frac{\partial T}{\partial \theta'} = \theta' \Sigma m r^2 + x' \Sigma m r \sin(\alpha + \theta)$$

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \theta'} \right) = \theta'' \Sigma m r^2 + x'' \Sigma m r \sin(\alpha + \theta) + x' \theta' \Sigma m r \cos(\alpha + \theta)$$

und

$$\frac{\partial T}{\partial \theta} = x' \theta' \Sigma m r \cos(\alpha + \theta).$$

Also

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \theta'} \right) - \frac{\partial T}{\partial \theta} = \theta'' \Sigma m r^2 + x'' \Sigma m r \sin(\alpha + \theta).$$

Die Arbeit, welche von den äusseren Kräften geleistet wird, wenn  $\theta$  sich um  $d\theta$  vermehrt, wird

$$dA = -g \Sigma m d\zeta = -g \Sigma m r \cdot \cos(\alpha + \theta) \cdot d\theta,$$

wo  $g$  die Beschleunigung der Schwere bedeutet.

Aus dem Lagrangeschen Prinzip, nach welchem

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \theta'} \right) - \frac{\partial T}{\partial \theta} = \frac{\partial A}{\partial \theta}$$

ist, folgt

$$\theta'' \Sigma m r^2 + x'' \Sigma m r \sin(\alpha + \theta) + g \Sigma m r \cos(\alpha + \theta) = 0.$$

Hieraus ergibt sich auf Grund der Beziehung (1) und (2)

$$\theta'' r^2 + x'' [\cos \theta \cdot h + \sin \theta \cdot c] + \cos \theta \cdot g c - \sin \theta \cdot g h = 0.$$

$\theta$  ist immer sehr klein.

Wollen wir also  $\sin \theta = \theta$  und  $\cos \theta = 1$  setzen und ausserdem das Produkt  $\theta x''$  vernachlässigen ( $c$  ist im Vergleich zu  $h$  klein), so erhalten wir, unter Vernachlässigung verschiedener Reibungsverhältnisse, folgende Differentialgleichung für  $\theta$ , wenn die Bewegung schon *begonnen* hat:

$$\theta'' - \mu^2 \theta + a + \frac{x''}{l} = 0 \dots \dots \dots (4)$$

Hierin bedeuten:

$$\left. \begin{aligned} \mu^2 &= \frac{h}{\rho^2} \cdot g \\ a &= \frac{c}{\rho^2} g \\ l &= \frac{\rho^2}{h} = \frac{g}{\mu^2} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (5)$$

Aus diesen Formeln ergibt sich

$$\frac{a}{\mu^2} = \frac{c}{h} = \gamma \dots \dots \dots (6)$$

Die Konstanten  $c$ ,  $h$  und  $\rho$  lassen sich aus den Dimensionen des Körpers und der bekannten Massenverteilung (Korrektion für die seitlichen Leisten) ohne Schwierigkeit vorausbestimmen.

Für ein einfaches homogenes Parallelepipedon wird

$$h = \frac{H}{2}$$

und

$$\left. \begin{aligned} \rho^2 &= \frac{4}{3} h^2 \left[ 1 + \frac{c^2}{h^2} \right] \\ l &= \frac{4}{3} h \left[ 1 + \frac{c^2}{h^2} \right] \\ \mu &= \sqrt{\frac{3}{4} \cdot \frac{g}{h} \cdot \frac{1}{1 + \frac{c^2}{h^2}}} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (7)$$

Wollen wir nun die Gesetze der *Eigenbewegung* dieses Parallelepipedons näher verfolgen. Dazu setzen wir in der Gleichung (4)  $x'' = 0$ .

Dann lautet das allgemeine Integral der Gleichung (4), wie folgt:

$$\theta = \gamma + \Gamma_1 e^{\mu t} + \Gamma_2 e^{-\mu t},$$

wo  $\Gamma_1$  und  $\Gamma_2$  zwei Integrationskonstanten bedeuten, die aus den Anfangsbedingungen der Bewegung sich unmittelbar bestimmen lassen.

Nehmen wir nun an, dass für  $t=0$   $\theta=0$  ist und dem Körper eine anfängliche Winkelgeschwindigkeit  $\theta_0'$  erteilt worden ist.

Dieses kann etwa durch eine plötzliche horizontale Verschiebung der Unterlage geschehen.

Bezeichnen wir die entsprechende anfängliche lineare Geschwindigkeit durch  $x_0'$ , so findet man durch gliedweise Integration der Gleichung (4) zwischen 0 und einem äusserst kleinen Zeitintervall  $\tau$ , dass

$$\theta_0' = -\frac{x_0'}{l} \dots \dots \dots (8)$$

wird.

Bei diesen Anfangsbedingungen nimmt die Bewegungsgleichung des Parallelepipedons folgende Form an :

$$\theta = \gamma \left[ 1 - \frac{1}{2} \{ (1 - \beta) e^{\mu t} + (1 + \beta) e^{-\mu t} \} \right], \dots \dots \dots (9)$$

wo

$$\beta = \frac{\theta_0'}{\mu \gamma} \dots \dots \dots (10)$$

gesetzt wird.

Die maximale Ablenkung  $\theta_m$  ergibt sich aus der Gleichung

$$\frac{d\theta}{dt} = 0$$

oder

$$(1 - \beta) e^{\mu t} - (1 + \beta) e^{-\mu t} = 0.$$

Die Wurzel dieser Gleichung sei durch  $t_m$  bezeichnet.

Dann wird

$$t_m = \frac{1}{\mu} \lg \sqrt{\frac{1 + \beta}{1 - \beta}} \dots \dots \dots (11)$$

Bringen wir nun diesen Wert von  $t$  in die Gleichung (9) ein, so erhalten wir

$$\theta_m = \gamma [1 - \sqrt{1 - \beta^2}] \dots \dots \dots (12)$$

Bezeichnen wir noch mit  $t_1$  die Zeit, wo  $\theta$  wieder gleich Null geworden ist.

Aus der Gleichung (9) ergibt sich dann

$$(1 - \beta) e^{2\mu t_1} - 2 e^{\mu t_1} + (1 + \beta) = 0,$$

also

$$t_1 = \frac{1}{\mu} \lg \frac{1 + \beta}{1 - \beta} \dots \dots \dots (13)$$

Vergleicht man diesen Ausdruck mit der Formel (11), so ersieht man, dass

$$t_1 = 2t_m \dots \dots \dots (14)$$

ist.

$t_1$  wollen wir als die *Periode* der einseitigen Bewegung des Körpers auffassen.

Die diesem Zeitmoment  $t_1$  entsprechende Winkelgeschwindigkeit  $\theta_1'$  bekommt man aus der Gleichung (9), wenn man diese nach  $t$  differentiirt und alsdann in ihr  $t = t_1$  setzt.

Es ergibt sich dann

$$\theta_1' = -\theta_0'.$$

Die Formeln (11) und (12) zeigen uns, dass ein Maximum von  $\theta$  nur dann möglich ist, wenn der absolute Wert von  $\beta$  die Einheit nicht übersteigt.

Es muss also sein

$$\beta < 1$$

oder nach der Beziehung (10)

$$\theta_0' < \mu \gamma \dots \dots \dots (15)$$

Auf Grund der Beziehungen (5) und (6) lässt sich diese Bedingung in folgender Form schreiben :

$$\theta_0' < \frac{c}{h} \frac{\sqrt{hg}}{\rho} \dots \dots \dots (16)$$

Hier ist unter  $\theta_0'$  der absolute Wert der anfänglichen Winkelgeschwindigkeit zu verstehen. Wollen wir nun die Beziehung zwischen der maximalen Amplitude  $\theta_m$  und der Periode  $t_1$  aufsuchen.

Dazu muss man  $\beta$  aus den Gleichungen (12) und (13) eliminieren.

Wollen wir uns dabei nur auf kleine Werte von  $\beta$  beschränken.

Durch entsprechende Reihenentwicklungen nach Potenzen von  $\beta$  findet man ohne Schwierigkeit folgende Ausdrücke:

$$\left. \begin{aligned} \theta_m &= \frac{\gamma}{2} \beta^2 \left[ 1 + \frac{1}{4} \beta^2 + \dots \right] \\ t_1 &= \frac{2}{\mu} \beta \left[ 1 + \frac{1}{3} \beta^2 + \dots \right] \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (17)$$

Daraus ergibt sich

$$\frac{\theta_m}{t_1^2} = \frac{\gamma \mu^2}{8} \left[ 1 - \frac{5}{12} \beta^2 \right]$$

oder mit hinreichender Genauigkeit

$$\theta_m = \frac{1}{8} \gamma \mu^2 \cdot t_1^2 \left[ 1 - \frac{5}{48} \mu^2 t_1^2 \right] \dots \dots \dots (18)$$

Setzen wir

$$\gamma \mu^2 = a = \frac{1}{n}, \dots \dots \dots (19) \text{ (siehe die Beziehung (6))}$$

so können wir für kleine Werte von  $\beta$  schreiben

$$\left. \begin{aligned} \theta_m &= \frac{1}{2} n \theta_0'^2 \\ t_1 &= 2n \theta_0' \\ \theta_m &= \frac{1}{8n} t_1^2 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (20)$$

und

$$\theta_m = \frac{1}{4} \theta_0' t_1 \dots \dots \dots (21)$$

Die dritte der Formeln (20) zeigt, dass die Periode  $t_1$  der einseitigen Bewegung des Parallelepipedons keine konstante Grösse, sondern eine Funktion der maximalen Amplitude  $\theta_m$  ist und zwar ist  $t_1$  proportional der Quadratwurzel aus  $\theta_m$ . Dies ist eine interessante Eigentümlichkeit dieser Bewegung.

Vergleicht man diese Bewegung mit einer reinen harmonischen von derselben halben Periode  $t_1$ , bei welcher keine Beziehung zwischen Maximalamplitude und Periode besteht, etwa von der Form

$$\theta = \frac{\theta_0'}{p} \sin pt,$$

wo

$$p = \frac{\pi}{t_1}$$

ist, so ergibt sich

$$\theta_m = \frac{1}{\pi} \theta_0' t_1 \dots \dots \dots (22)$$

In dieser Formel tritt vor dem Produkt  $\theta_0' t_1$  der Faktor  $\frac{1}{\pi} = 0,318$  auf, während nach der Formel (21) dieser Faktor gleich 0,250 ist.

Ist die anfängliche Geschwindigkeit  $\theta_0'$  so bestimmt, dass  $\beta$  genau gleich der Einheit ist (siehe die Beziehung (10)), so wird nach der Formel (12) der maximale Wert von  $\theta$  sein:

$$\theta_m = \gamma = \frac{c}{h}$$

Die entsprechende erforderliche Zeit wird nach der Formel (11) theoretisch unendlich gross sein. Für grössere Werte von  $\theta_0'$  geht das Maximum von  $\theta$  schon verloren und der Körper kippt einfach um.

Wenn der Körper nach seiner Ruhelage ( $\theta = 0$ ) zurückgekehrt ist, so besitzt er in diesem Moment, wie wir es gesehen haben, eine Winkelgeschwindigkeit

$$\theta_1' = -\theta_0'$$

Von diesem Moment an fängt er an, sich um die Axe  $B$  zu drehen (siehe die Figur 1).

Die Winkelablenkungen nach links, ebenfalls als positive Grössen aufgefasst, wollen wir mit  $\varphi$  bezeichnen.

Die anfängliche Geschwindigkeit bei dieser zweiten Bewegung nach links sei  $\varphi_0'$ .

Der absolute Wert von  $\varphi_0'$  ist nicht gleich  $\theta_1'$ , weil die Bewegung von der Axe  $A$  zu der Axe  $B$  übergeht.

Das Moment der Bewegungsgrösse in bezug auf die Axe  $A$  wird

$$\theta_1' \Sigma m r^2 = \theta_1' M \rho^2$$

Dasselbe Moment in bezug auf die Axe  $B$  wird, wie leicht einzusehen ist,

$$\theta_1' M \cdot \rho^2 - \theta_1' M \cdot 2c^2$$

Beim Übergang der Bewegung auf die Axe  $B$  wird das entsprechende Moment der Bewegungsgrösse in bezug auf diese Axe gleich

$$\varphi_0' M \rho^2$$

sein.

Da das Moment des Impulses der Reaktion der Axe  $B$  in bezug auf diese Axe gleich Null ist, so müssen beide Momente der Bewegungsgrössen in bezug auf die Axe  $B$  vor und nach dem Übergang der Bewegung auf diese Axe einander gleich sein.

Folglich wird

$$M \rho^2 \cdot \theta_1' - 2M c^2 \theta_1' = M \rho^2 \cdot \varphi_0'$$

oder

$$\varphi_0' = \theta_1' \left[ 1 - 2 \frac{c^2}{\rho^2} \right]$$

Die maximale Ablenkung nach links wird nach der ersten der Formeln (20) gleich sein:

$$\varphi_m = \frac{1}{2} n \varphi_0'^2 = \frac{1}{2} n \theta_1'^2 \left[ 1 - 2 \frac{c^2}{\rho^2} \right]^2$$

Da nun

$$\theta_m = \frac{1}{2} n \theta_1'^2$$

ist, so muss für ein absolut starres System sein

$$\frac{\varphi_m}{\theta_m} = \left[ 1 - 2 \frac{c^2}{\rho^2} \right]^2 \dots \dots \dots (23)$$

Die zweite maximale Ablenkung wird also in einem bestimmten Verhältnis zur ersten Ablenkung stehen.



Bezeichnen wir die *absoluten* Werte der maximalen Ablenkungen nach rechts der Reihe nach durch  $\theta_1, \theta_3, \theta_5$  usw. und die nach links durch  $\theta_2, \theta_4, \theta_6$  usw., so ergibt sich

$$\frac{\theta_2}{\theta_1} = \frac{\theta_3}{\theta_2} = \frac{\theta_4}{\theta_3} = \dots = \left[ 1 - 2 \frac{c^2}{\rho^2} \right] = \frac{1}{v} \dots \dots \dots (24)$$

Wir sehen also, dass das Verhältnis zweier benachbarter Amplituden (unabhängig vom Vorzeichen derselben) eine konstante Grösse ist.

Wir haben also eine gedämpfte schwankende Bewegung um zwei parallele Axen, wobei das Dämpfungsverhältnis

$$v = \frac{1}{\left[ 1 - 2 \frac{c^2}{\rho^2} \right]^2} \dots \dots \dots (25)$$

nur eine Funktion von  $\frac{c}{\rho}$  ist. Für ein einfaches homogenes Parallelepipedon ist nach der ersten der Formeln (7)  $v$  nur durch das Verhältnis von  $c$  zu  $h$ , also nur durch bestimmte *geometrische* Verhältnisse bedingt.

Da die Perioden der einzelnen einseitigen Bewegungen proportional der Quadratwurzel aus den entsprechenden maximalen Ablenkungen sind, so werden diese gedämpften Schwingungen des Parallelepipedons sich immer rascher und rascher vollziehen und nach dem Verlauf eines bestimmten Zeitintervalles  $T$  wird das Parallelepipedon zur Ruhe kommen.

$T$  lässt sich nach den früheren Formeln leicht berechnen.

Es sei dem Körper eine anfängliche Winkelgeschwindigkeit  $\theta_0'$  erteilt; dann wird nach der zweiten der Formeln (20) die Dauer der ersten Bewegung sein

$$t_1 = 2n\theta_0'$$

Setzen wir der Einfachheit wegen

$$\left[ 1 - 2 \frac{c^2}{\rho^2} \right] = \sigma,$$

so erhält man für die Dauer der zweiten Bewegung

$$t_2 = 2n\sigma\theta_0' = 2n\sigma \cdot \theta_0'$$

In derselben Weise ergibt sich

$$t_3 = 2n\sigma^2\theta_0'$$

Also

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + \dots = 2n\theta_0' [1 + \sigma + \sigma^2 + \sigma^3 + \dots] = \frac{2n\theta_0'}{1 - \sigma}$$

Folglich wird

$$T = \frac{n\rho^2}{c^2} \cdot \theta_0',$$

oder mit Rücksicht auf die Beziehungen (5) und (19)

$$T = \frac{\rho^4}{c^3 g} \cdot \theta_0' \dots \dots \dots (26)$$

Die hier beschriebene Eigenbewegung des Parallelepipedons ist sicherlich jedermann bekannt, da sie sehr oft bei schaukelnden Gegenständen auftritt.

Die hier dargelegte Theorie wurde nach zwei Richtungen hin einer experimentellen Prüfung unterzogen.

Es wurde erstens die Konstante  $n = \frac{1}{a} = \frac{h}{\mu^2 c}$  [siehe die Formel (19)] aus den Messungen von  $\theta_m$  und  $t_1$  direkt experimentell bestimmt und mit dem aus der Ausmessung des schwingenden Körpers sich ergebenden theoretischen Wert von  $n$  verglichen.

Zur Bestimmung von  $n$  aus den Beobachtungen dient die Formel (18), die mit hinreichender Genauigkeit in folgender Form sich schreiben lässt:

$$n = \frac{1}{8} \frac{t_1^2}{\theta_m} \left[ 1 - \frac{5}{6} \cdot \frac{h}{c} \theta_m \right] \dots \dots \dots (27)$$

Es wurde auch zuweilen ein Korrektionsglied höherer Ordnung mitberücksichtigt. Andererseits ist nach den Formeln (5)

$$n = \frac{\rho^2}{cg}, \dots \dots \dots (28)$$

Die zweite Prüfung bezog sich auf das Dämpfungsverhältnis  $v$ .

Es wurde  $\frac{1}{v}$  aus den maximalen Ablenkungen nach rechts und links nach der folgenden Formel

$$\frac{1}{v} = \frac{\theta_m + 1}{\theta_m} \dots \dots \dots (29)$$

oder unter Mitberücksichtigung der Korrektionsglieder nach der Formel

$$\frac{1}{v^2} = \frac{\theta_m + 2}{\theta_m} \cdot \frac{1 + \frac{h}{2c} \theta_m}{1 + \frac{h}{2c} \theta_m + 2}$$

abgeleitet, und alsdann mit dem theoretischen Wert von  $\frac{1}{v}$  [siehe die Formel (25)]

$$\frac{1}{v} = \left[ 1 - 2 \frac{c^2}{\rho^2} \right]^2 \dots \dots \dots (30)$$

verglichen.

Für diese Versuche wurde ein spezieller schwingender Körper verwendet.

Derselbe ist auf den folgenden Figuren 3 und 4 dargestellt.

Die Fig. 3 gibt eine Ansicht von vorne und die Fig. 4 von der Seite.

Diesen Körper bildet ein metallischer Rahmen, welcher aus zwei seitlichen Platten besteht, die mittels vier Querplatten, wie  $AB$  und  $CD$ , oben und unten mit einander verbunden sind.

Die unteren Querplatten haben auf der unteren Seite scharf abgeschliffene Kanten, um beide Drehungsaxen des Körpers genau zu präzisieren.

Die seitlichen Platten haben Schlitze, mit deren Hilfe eine schwere zylindrische Masse  $M$  mittels Schrauben in verschiedenen Höhen befestigt werden kann. Dadurch kann man die Höhe  $h$  des Schwerpunktes des Systems über den Drehungsaxen nach Belieben variieren.

Der Rahmen trägt unten einen Spiegel  $S$ , welcher die Ablenkungen des Körpers mit Hilfe eines *parallelen* Strahlenbündels, welches mittels Linsen auf einer rotierenden, mit photographischem Papier bekleideten Trommel zu einem scharfen Lichtpunkt konzentriert wird, direkt zu registrieren gestattet.

Die auf diese Weise erhaltenen Kurven haben das Aussehen von gedämpften Sinusoiden, bei welchen aber die Perioden  $t_1$  der einseitigen Bewegungen fortwährend mit den Amplituden  $\theta_m$  abnehmen.

Es wurde auch eine Nulllinie mit Sekundenmarken von einem festen Spiegel aufgeschrieben.

Aus den gemessenen Amplituden der Kurve liessen sich die entsprechenden maximalen Winkelablenkungen unmittelbar ableiten.

Fig. 3.

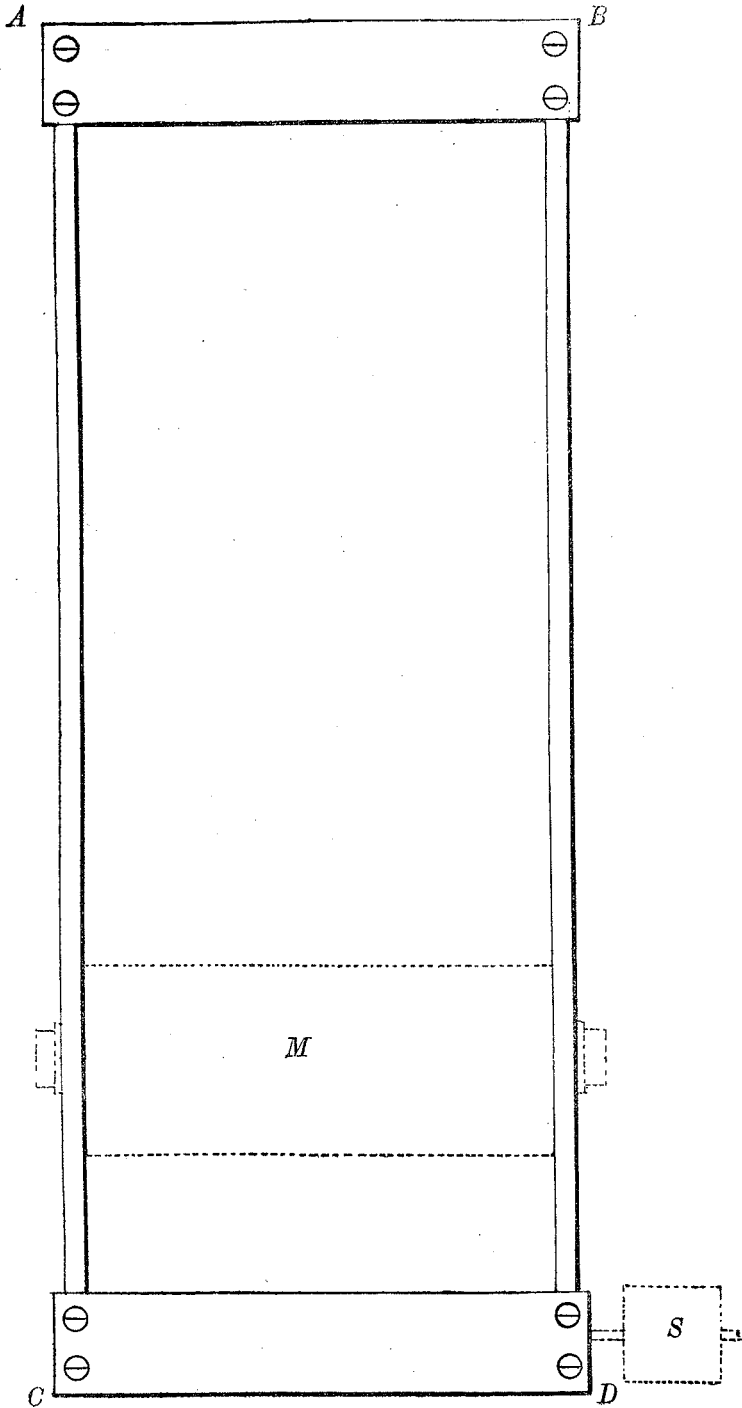
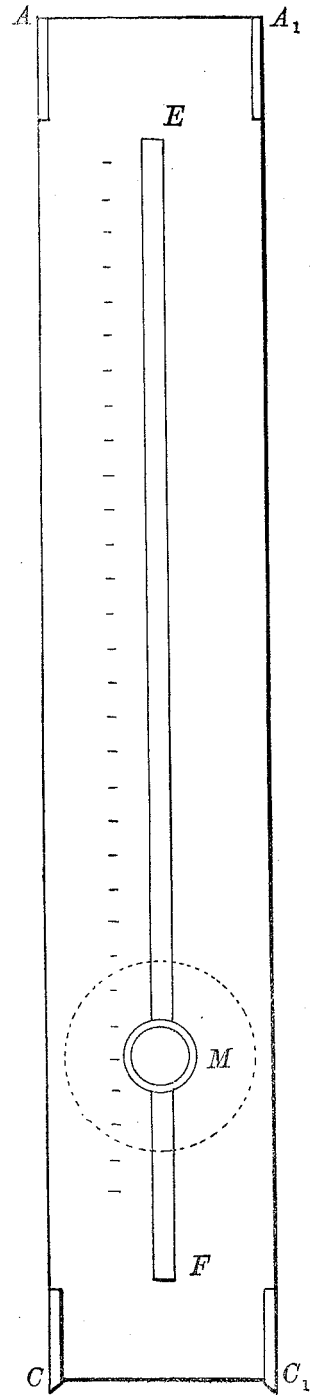


Fig. 4.



Hatte man also eine Anzahl Werte von  $\theta_m$  und  $t_1$  für eine bestimmte Lage der Masse  $M$  festgestellt, so liessen sich daraus beide Konstanten  $n$  und  $\frac{1}{v}$  leicht ermitteln. Es wurden im ganzen 18 verschiedene Kurven aufgenommen. Die einzelnen Werte von  $n$  und  $\frac{1}{v}$  stimmen (für dieselbe Lage von  $M$ ) im allgemeinen ganz gut überein. Die so erhaltenen Werte waren also ziemlich zahlreich; aus ihnen wurden alsdann Mittelwerte gebildet.

Die Versuche wurden bei vier verschiedenen Lagen der Masse  $M$  ausgeführt, die ich respektive durch I, II, III und IV bezeichnen werde.

In allen diesen Fällen war  $c$  dasselbe und gleich 3,33 cm.

Was nun die Konstanten  $h$  und  $\rho^2$  anbelangt, so liessen sich dieselben aus den Dimensionen und Massen der einzelnen Teile des Systems leicht berechnen.

Es ergaben sich folgende Daten:

Lage der Masse $M$ .	I	II	III	IV
$h$	28.27 cm.	20.06	15.68	12.4
$\rho^2$	949,3 cm. <sup>2</sup>	496.6	355.9	296.4.

Aus diesen Daten lassen sich die Konstanten  $n$  und  $\frac{1}{v}$  für alle vier Fälle leicht berechnen.

In der folgenden Tabelle sind nun die berechneten und direkt beobachteten Werte  $n$  und  $\frac{1}{v}$  zusammengestellt.

Lage der Masse $M$ .	$n$		$\frac{1}{v}$	
	Berechnet.	Beobachtet.	Berechnet.	Beobachtet.
I	0.290	0.293	0.95	0.96
II	0.152	0.153	0.91	0.90
III	0.109	0.106	0.88	0.86
IV	0.091	0.093	0.86	0.82

Die Übereinstimmung zwischen den berechneten und beobachteten Werten von  $n$  ist als eine sehr befriedigende zu bezeichnen.

Was nun die Werte von  $\frac{1}{v}$  anbelangt, so treten hier für kleinere Werte von  $h$  kleine Differenzen auf, was auch a priori zu erwarten war, da die bei der Ableitung der theoretischen Formel für  $\frac{1}{v}$  zugrunde gelegte Voraussetzung der absoluten Starrheit des Systems sicherlich nicht ganz zutreffend ist.

Trotzdem ist die Übereinstimmung der berechneten und beobachteten Werte von  $\frac{1}{v}$  befriedigend.

Diese Versuche haben also die Richtigkeit der früher entwickelten Theorie der Eigenbewegung des Instruments bestätigt.

Nachdem die Richtigkeit der Theorie der Bewegung des Parallelepipedons geprüft war, konnte man schon der Frage nach der Stabilität desselben bei plötzlich eintretenden Bodenverschiebungen nähertreten.

Wir haben früher gesehen, dass nach der Beziehung (16), damit ein Maximum der Ablenkung  $\theta_m$  noch zustande komme, die anfängliche Winkelgeschwindigkeit

$$\theta_0' < \frac{c}{h} \sqrt{\frac{hg}{\rho}}$$

sein muss.

Bedeutet nun  $x_0'$  die anfängliche lineare Geschwindigkeit der entsprechenden Bodenverschiebung, so wird nach der Formel (8) der absolute Wert von  $\theta_0'$  gleich  $\frac{x_0'}{l}$  sein.

Führen wir nun diesen Wert von  $\theta_0'$  in die frühere Formel ein und ersetzen in ihr  $l$  durch seinen Wert aus der dritten der Formeln (5), so ergibt sich für die Grenzbedingung der Stabilität, resp. des Nichtumkippens des Körpers, folgende Gleichung

$$x_0' = \rho \frac{c}{h} \sqrt{\frac{g}{h}} \dots \dots \dots (31)$$

Für ein einfaches homogenes Parallelepipedon wird nach der ersten der Formeln (7)

$$x_0' = c \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{g}{h} \left(1 + \frac{c^2}{h^2}\right)} \dots \dots \dots (32)$$

Für grössere Werte von  $x_0'$  wird der Körper schon umstürzen.

Es wurden auch spezielle Versuche zur direkten Prüfung der Formel (31) vorgenommen.

Dieselben können auf keine grosse Genauigkeit Anspruch erheben und beziehen sich mehr auf die experimentelle Bestimmung der *Grössenordnung* von  $x_0'$ .

Dazu wurden fünf verschiedene hölzerne Parallelepipeda von verschiedener Höhe mit seitlichen Metalleisten der früher beschriebenen Art verwendet.

Dieselben wurden der Reihe nach auf einer kleinen, mittels Rollen auf zwei Schienen sich beweglichen Plattform aufgestellt.

Dieser Plattform wurde durch eine Art Federpistole ein plötzlicher Anstoss erteilt. Die Stärke desselben konnte durch mehr oder weniger starkes Aufpressen der Feder zwischen gewissen Grenzen variiert werden.

Durch diesen Anstoss mittels des Stabes der Pistole erfuhr die Plattform eine anfängliche lineare Geschwindigkeit  $x_0'$  und bewegte sich alsdann weiter und man bestimmte experimentell die Werte von  $x_0'$ , bei welchen ein Umkippen des Parallelepipedons stattfand. Um dasselbe vor dem Einfluss des Luftdruckes zu schützen, wurde auf beiden Seiten der Plattform vorn und hinten ein Schirm aus Pappe befestigt.

Die Bestimmung von  $x_0'$  geschah auf folgende Weise. Auf einer Seite der Plattform wurde ein Schreibstift befestigt, welcher die Kurve der Plattformbewegung auf einer sehr rasch rotierenden und mit berusstem Papier bekleideten Trommel aufschrieb. Nebenbei wurden Sekundenmarken angebracht.

Die Kurve der Eigenbewegung der Plattform lässt sich durch folgende Formel darstellen:

$$x = at - \beta t^2.$$

Durch Ausmessung zweier zugehöriger Werte von  $x$  und  $t$  konnte man beide Konstanten  $\alpha$  und  $\beta$  bestimmen.

Für die gesuchte anfängliche lineare Geschwindigkeit erhält man also

$$x_0' = \alpha.$$

Es wurden auf diese Weise 5 verschiedene Parallelepipeda untersucht.

Die Konstanten derselben sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Nr. des Parallelepipedons	$h$	$c$	$\rho$	$l$	$M = \Sigma m$	$x_0'$ (nach der Formel (31) berechnet)
1	24.43 cm	1.09 cm	29.03 cm	34.50 cm	604 gr	8 cm/sec
2	19.18 "	1.13 "	23.22 "	28.11 "	491 "	10 "
3	14.23 "	1.09 "	17.43 "	21.35 "	363 "	11 "
4	9.27 "	1.09 "	11.75 "	14.89 "	246 "	14 "
5	4.33 "	1.09 "	6.06 "	8.48 "	125 "	23 "

Aus den Beobachtungen ergaben sich nun folgende Grenzwerte von  $x_0'$ .

Nr. des Parallelepipedons	$x_0'$
1	10—12 cm/sec
2	12—13 „
3	14 „
4	14—16 „
5	18—19 „

Diese Zahlen unterscheiden sich unwesentlich von den theoretischen Werten von  $x_0'$ . Eine volle Übereinstimmung war auch kaum zu erwarten. Es liegen dazu folgende Gründe vor.

Erstens ist die Plattformbewegung keine gleichmässige, da die Geschwindigkeit mit der Zeit abnimmt. Ferner wird die wahre anfängliche Geschwindigkeit der Bewegung, da das Parallelepipedon nicht genau im Moment  $t = 0$  sich von einer der beiden Axen losmacht, kleiner als  $\alpha$  ausfallen. Wir sehen auch in der Tat, dass die beobachteten Werte von  $x_0'$  in den ersten vier Fällen grösser als die theoretischen sind.

Im letzten Fall (Nr. 5) tritt das Umgekehrte ein; bei diesem Parallelepipedon beträgt aber das Verhältnis  $\frac{c}{h}$  schon etwa  $\frac{1}{4}$ , was keineswegs als eine sehr kleine Grösse betrachtet werden darf. Die ganze Theorie ist jedoch unter der Voraussetzung abgeleitet worden, dass der noch mögliche maximale Wert von  $\theta$  eine kleine Grösse ist, deren Quadrat man vernachlässigen darf.

Bringt man das alles in Erwägung, so wird man wohl zugeben können, dass die theoretische Formel (31), resp. (32), als richtig betrachtet werden darf.

Auf Grund derselben kann man sich eine reine *dynamische Skala* von Parallelepipedon verschiedener Höhe und mit derselben Basis  $2c$  herstellen. Notiert man sich, welche Parallelepipedon umgestürzt und welche stehen geblieben sind, so kann man schliessen, zwischen welchen Grenzen die wirkliche anfängliche Bodengeschwindigkeit bei plötzlichen, stossartigen Erschütterungen eingeschlossen ist.

Bei der Erforschung von makroseismischen Erscheinungen in verschiedenen Schüttergebieten kommt es nicht so sehr auf die anfängliche lineare Bodengeschwindigkeit, als auf die maximale *Bodenbeschleunigung* an, welche die Stärke des entsprechenden Bebens charakterisiert.

Erfahrungsgemäss hat man es bei Nahbeben öfters mit periodischen Bewegungen von bestimmter Amplitude  $x_m$  und sehr kleiner Periode  $T_p$  zu tun.

Es fragt sich nun, wie werden sich unsere Parallelepipedon gegen solche schnell verlaufenden periodischen Bewegungen verhalten?

Setzen wir dementsprechend

$$x = x_m \sin (pt + \delta), \dots \dots \dots (33)$$

wo

$$p = \frac{2\pi}{T_p} \dots \dots \dots (34)$$

ist.

$\delta$  ist die anfängliche Phase der Bodenbewegung, welche wir der Allgemeinheit halber als von Null verschieden annehmen werden.

Bei Zugrundelegung der Beziehung (33) nimmt nach der Gleichung (4) die Differentialgleichung der Bewegung des Parallelepipedons folgende Form an:

$$\theta'' - \mu^2 \theta + a = p^2 x_m \sin (pt + \delta) \dots \dots \dots (35)$$

Für die Anfangsbedingungen der Bewegung wollen wir folgende Voraussetzungen treffen. Es sei für  $t = 0$   $\theta = 0$  und  $\theta' = \theta'_0$ . Dann lässt sich das Integral der Gleichung (35) in folgender Form schreiben:

$$\theta = \frac{c}{h} + A \{ e^{\mu t} + e^{-\mu t} \} + B \{ e^{\mu t} - e^{-\mu t} \} - C \sin(pt + \delta) \quad \dots \quad (36)$$

Hierin bedeuten:

$$\left. \begin{aligned} A &= \frac{1}{2} \left[ \beta - \frac{c}{h} \right] \\ B &= \frac{1}{2} \left[ \alpha + \frac{\theta'_0}{\mu} \right] \\ C &= \frac{x_m}{l} \cdot \frac{\omega^2}{1 + \omega^2} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (37)$$

und

$$\left. \begin{aligned} \omega &= \frac{p}{\mu} \\ \alpha &= \frac{x_m}{l} \cdot \frac{\omega^3}{1 + \omega^2} \cos \delta \\ \beta &= \frac{x_m}{l} \cdot \frac{\omega^3}{1 + \omega^2} \sin \delta \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (38)$$

Die Analyse der Gleichung (36) zum Zweck der Ableitung der Stabilitätsbedingung des Parallelepipedons bietet gewisse Schwierigkeiten dar, da man von der Anwendung von Reihenentwicklungen absehen muss, da  $\mu t$  und  $pt$  nicht immer als klein vorausgesetzt werden dürfen. Ausserdem tritt eine sprungweise Änderung der Winkelgeschwindigkeit  $\theta'$  beim Übergang von einer Drehungsaxe zu der anderen auf.

Es sei am Anfang, zum Zeitmoment  $t = 0$ , das Parallelepipedon völlig in Ruhe (etwa angehalten) und von diesem Moment an trete die Bewegung desselben ein.

Dann wird

$$\theta'_0 = -\frac{x'_0}{l} = -p \frac{x_m}{l} \cos \delta \quad \dots \dots \dots (39)$$

Die erste maximale Ablenkung  $\theta_m$  ergibt sich aus der Bedingung

$$\frac{d\theta}{dt} = 0.$$

Der entsprechende Zeitmoment sei mit  $t_m$  bezeichnet.

Dann muss  $t_m$  folgender Gleichung genügen:

$$(B + A) e^{\mu t_m} + (B - A) e^{-\mu t_m} = C \omega \cos(pt_m + \delta)$$

oder nach den Beziehungen (37) und (38)

$$\begin{aligned} & \left[ \frac{c}{h} - \frac{x_m}{l} \cdot \frac{\omega}{1 + \omega^2} \{ \cos \delta + \omega \sin \delta \} \right] e^{-\mu t_m} - \left[ \frac{c}{h} + \frac{x_m}{l} \cdot \frac{\omega}{1 + \omega^2} \{ \cos \delta - \omega \sin \delta \} \right] e^{\mu t_m} \\ & = 2 \frac{x_m}{l} \cdot \frac{\omega^3}{1 + \omega^2} \cos(\mu \omega t_m + \delta) \quad \dots \dots \dots (40) \end{aligned}$$

Sei  $t_1$  der Moment, wo  $\theta$  wieder gleich Null wird.

Dann muss  $t_1$  die Wurzel folgender Gleichung sein

$$\frac{c}{h} + (B + A) e^{\mu t_1} - (B - A) e^{-\mu t_1} = C \sin(\mu t_1 + \delta)$$

oder

$$2 \frac{c}{h} - \left[ \frac{c}{h} - \frac{x_m}{l} \frac{\omega}{1 + \omega^2} \{ \cos \delta + \omega \sin \delta \} \right] e^{-\mu t_1} - \left[ \frac{c}{h} + \frac{x_m}{l} \frac{\omega}{1 + \omega^2} \{ \cos \delta - \omega \sin \delta \} \right] e^{\mu t_1} \\ = 2 \frac{x_m}{l} \cdot \frac{\omega^2}{1 + \omega^2} \sin(\mu \omega t_1 + \delta) \quad \dots \quad (41)$$

Die entsprechende Winkelgeschwindigkeit wird

$$\theta_1' = \mu [(B + A) e^{\mu t_1} + (B - A) e^{-\mu t_1} C \omega \cos(\mu t_1 + \delta)]$$

oder

$$\theta_1' = \frac{\mu}{2} \left[ \left\{ \frac{c}{h} - \frac{x_m}{l} \frac{\omega}{1 + \omega^2} (\cos \delta + \omega \sin \delta) \right\} e^{-\mu t_1} - \left\{ \frac{c}{h} + \frac{x_m}{l} \frac{\omega}{1 + \omega^2} (\cos \delta - \omega \sin \delta) \right\} e^{\mu t_1} \right. \\ \left. - 2 \frac{x_m}{l} \cdot \frac{\omega^2}{1 + \omega^2} \cos(\mu \omega t_1 + \delta) \right] \quad \dots \quad (42)$$

Für die erste Bewegung können wir  $\delta = 0$  annehmen.

Dann wird

$$t_m = F \left( \frac{c}{h}, \frac{x_m}{l}, \omega, \mu \right)$$

und

$$\theta_1' = F_1 \left( \frac{c}{h}, \frac{x_m}{l}, \omega, \mu \right).$$

In diesem Moment  $t = t_1$  geht die Drehung auf die neue Axe über und  $\theta_1'$  erfährt eine sprunghafte Änderung, welche durch den Wert des Dämpfungsverhältnisses  $v$  (siehe die Formel (25)) bedingt ist.

Nehmen wir diesen Moment für den Anfang der neuen Zeitzählung an, so können wir die früheren Formeln (40), (41) und (42) anwenden. Es müssen nur in ihnen  $\theta_0'$  entsprechend abgeändert und ausserdem

$$\delta = \mu \omega t_1$$

gesetzt werden.

Auf diese Weise können wir die Bewegung unseres Parallelepipedons rechts und links der Reihe nach verfolgen.

Die Bedingung der Stabilität ergibt sich aus der Beziehung, dass  $t_m$  immer reell bleibt.

Im allgemeinen Fall ist die Bewegung des Parallelepipedons eine recht komplizierte. Es sind auch resonanzähnliche Erscheinungen nicht ausgeschlossen.

Es können auch für bestimmte periodische Bewegungen der Unterlage synchronische Körperbewegungen mit gleichen maximalen Winkelausschlägen nach rechts und links auftreten, wie dies durch spezielle Versuche sich herausgestellt hat.

Obgleich die theoretische Behandlung des Problems gewisse Schwierigkeiten darbietet, lässt sich die Bedingung der Stabilität (des Nichtumstürzens) eines Parallelepipedons auf einer harmonisch sich bewegenden Unterlage sehr leicht experimentell verfolgen.

Dazu habe ich die früher erwähnte kleine Plattform verwendet.

Dieselbe wurde mittels eines langen Stabes mit einem Exzenter an einem rasch sich drehenden Rade verbunden. Zur Drehung des Rades diente ein kleiner Elektromotor, dessen Umlaufgeschwindigkeit durch Ein- oder Ausschaltung von Widerständen reguliert wurde. Die Kurve der Plattformbewegung wurde direkt auf einer rotierenden Trommel aufgeschrieben. Aus dieser Kurve konnte man die Amplitude  $x_m$  und Periode  $T_p$  der Plattenformbewegung direkt entnehmen.



Diese Versuche, bei welchem mein zweiter Assistent Herr NIKIFOROV mir sehr behülflich war und dem ich an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank aussprechen möchte, wurden im allgemeinen bei drei verschiedenen Amplituden  $x_m$  ausgeführt.

Die Parallelepipedon wurden am Anfang der Bewegung gehemmt und erst dann, wenn die regelmässige, harmonische Bewegung der Plattform sich eingestellt hatte, in einem bestimmten Zeitmoment ( $\delta = 0$ ) mittels einer besonderen elektrischen Vorrichtung freigelassen.

Für jedes gegebene  $x_m$  bestimmte man experimentell die Periode  $T_p$  der Plattform, bei welcher jedes der fünf Parallelepipedon umstürzte. Das Umstürzen trat gewöhnlich nicht sofort ein, sondern erst nach Verlauf einiger Sekunden. Dies ist ein direkter Beweis dafür, das wir es hier mit einer Summierung von mechanischen Effekten zu tun haben.

Aus den gemessenen Werten von  $x_m$  und  $T_p$  liessen sich die maximale Beschleunigung  $w_m$  und die maximale Geschwindigkeit der Plattformbewegung direkt bestimmen.

Es ist

$$w_m = 4\pi^2 \frac{x_m}{T_p^3} \dots \dots \dots (43)$$

und

$$v_m = 2\pi \frac{x_m}{T_p} \dots \dots \dots (44)$$

Nun haben diese Versuche folgendes ergeben :

Das Umstürzen des Parallelepipedon erfolgt erst dann, wenn die *maximale Beschleunigung*  $w_m$  einen bestimmten, für jedes Parallelepipedon verschiedenen Wert erreicht hat.

Die Stabilität hängt also nicht von den *einzelnen* Werten von  $x_m$  und  $T_p$  unmittelbar ab, sondern sie wird durch die *Kombination* von  $x_m$  und  $T_p$ , nämlich  $\frac{x_m}{T_p^3}$  bedingt.

Dieses experimentell festgestellte Gesetz mag wohl nicht ganz streng sein, da die Versuche an und für sich gewisse Schwierigkeiten darbieten und ein Fehler von nur 0.02<sup>s</sup> in der Bestimmung der Perioden  $T_p$ , die immer sehr klein sich ergeben haben, einen sehr merklichen Einfluss auf die berechnete maximale Beschleunigung hat.

Trotzdem kann es in erster Annäherung als richtig betrachtet werden, um desto mehr, da die Amplituden  $x_m$  zwischen ziemlich weiten Grenzen  $x_m = 0.205$  cm und  $x_m = 0.700$  cm., also mehr als das Dreifache variiert wurden.

Die Resultate dieser Versuchsergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Nr. des Parallelepipedons	$x_m$	$T_p$	$w_m$	$v_m$
1	0.205 cm	0.50 <sup>s</sup>	32 cm/sec <sup>2</sup>	2.6 cm/sec
	0.445 "	0.74—0.72	32—34 "	3.8 "
	0.698 "	0.89—0.88	35—36 "	5.0 "
2	0.448 "	0.66—0.62	41—46 "	4.4 "
	0.700 "	0.79	44 "	5.6 "
3	0.210 "	0.39—0.38	55—57 "	3.4 "
	0.448 "	0.51	68 "	5.5 "
	0.700 "	0.66—0.64	64—68 "	6.8 "
4	0.213 "	0.30	94 "	4.5 "
	0.448 "	0.43—0.42	95—100 "	6.6 "
	0.700 "	0.53—0.52	98—102 "	8.4 "
5	0.215 "	0.20	212 "	6.8 "
	0.450 "	0.29	211 "	9.8 "
	0.700 "	0.36	213 "	12.2 "

Wir sehen aus dieser Tabelle, dass bei ganz verschiedenen Amplituden  $x_m$  die maximale Beschleunigung ungefähr dieselbe bleibt. Die Schwankungen in den Werten von  $w_m$  werden wohl meistens durch die unvermeidlichen Versuchsfehler bedingt sein.

Die Zahlen  $v_m$  der letzten Kolumne sind viel kleiner als diejenigen anfänglichen Geschwindigkeiten  $x_0'$ , bei welchen ein Umkippen des Körpers bei stossartigen Bewegungen stattfinden sollte. Daraus lässt sich schliessen, dass das hier beobachtete Umstürzen der Körper wirklich durch die periodische Bewegung der Unterlage bedingt wird, bei welcher eine Summierung von mechanischen Effekten stattfindet.

Es fragt sich nun, welche Beziehung zwischen dieser kritischen maximalen Beschleunigung und den Dimensionen der Parallelepipeda besteht?

Die massgebendste Konstante für dieselben ist das Verhältnis  $\frac{c}{h}$ , d. h. das Verhältnis der halben Entfernung zwischen den Drehungsaxen zur Höhe des Schwerpunktes des Systems über der Grundplatte.

Es erweist sich, dass dieses Verhältnis, innerhalb der noch zulässigen Beobachtungsfehler, genau *proportional* zu  $w_m$  ist.

Die einzelnen Werte von  $c$  und  $h$  sind früher angeführt worden.

In der folgende Tabelle sind nun die Werte von  $\frac{c}{h}$  und die mittleren von  $w_m$ , so wie das Verhältnis  $\frac{c}{h w_m}$  zusammengestellt.

Nr. des Parallelepipeds	$\frac{c}{h}$	$w_m$	$\frac{c}{h w_m}$
1	0.0446	34 cm/sec <sup>2</sup>	0.0013
2	0.0589	44 „	0.0013
3	0.0766	63 „	0.0012
4	0.1176	97 „	0.0012
5	0.2517	212 „	0.0012

Diese Zahlen zeigen, dass das Verhältnis  $\frac{c}{h w_m}$ , obgleich  $w_m$  von 34 bis 212 wächst, fast unverändert bleibt.

Daraus ergibt sich folgende allgemeine Beziehung:

$$\frac{c}{h} = 0.0012 w_m \dots \dots \dots (45)$$

Es ist wohl möglich, dass dieser Faktor 0.0012 etwas von  $\frac{c}{h}$  abhängig ist, aber in erster Annäherung kann man ihn als konstant betrachten.

Auf Grund der Beziehung (45) lässt sich eine *rationelle, dynamische Skala* zur Schätzung der Intensität von Erdbeben, wenigstens der durch dieselben hervorgerufenen maximalen horizontalen Bodenbeschleunigungen, sehr leicht herstellen.

Dazu braucht man nur ein System von Parallelepipeden zu nehmen, deren Höhe nach einem bestimmten Gesetz abnimmt.

Diese Skala bestehe z. B. aus 10 verschiedenen Parallelepipeden.

Als kleinste Beschleunigung wollen wir  $w_m = 20 \text{ cm/sec}^2 = 20000 \text{ Milligal}$  und als grösste  $w_m = 200 \text{ cm/sec}^2 = 200000 \text{ Milligal}$  nehmen.

Nach der mechanischen Deutung der verschiedenen Stärkegrade nach CANCELI würde die erste Beschleunigung etwa dem Stärkegrad VII und die zweite dem Stärkegrad X der zwölfgradigen Stärkeskala entsprechen.

Nehmen wir die Breite der Parallelepiped, d. h. die Entfernung zwischen den Drehungsaxen  $2c = 2$  cm und die Länge derselben gleich 11 cm an und lassen wir 2 mm für die unten herausragenden Schneiden übrig, die als Drehungsaxen dienen sollen, so lässt sich die einem bestimmten  $w_m$  entsprechende Höhe  $H$  des Parallelepipedons nach folgender Formel berechnen:

$$H = 2(h - 0.2) = \frac{2c}{0.0012 w_m} - 0.4 \dots \dots \dots (46)$$

oder

$$H = \frac{10000}{6w_m} - 0.4 \text{ cm.}$$

Die für verschiedene Werte von  $w_m$  nach dieser Formel berechneten Höhen der Parallelepiped sind in der folgenden Tabelle angegeben.

Nr.	$w_m$	$H$
1	20 cm/sec <sup>2</sup>	82.9 cm
2	40 „	41.3 „
3	60 „	27.4 „
4	80 „	20.4 „
5	100 „	16.3 „
6	120 „	13.5 „
7	140 „	11.5 „
8	160 „	10.0 „
9	180 „	8.9 „
10	200 „	7.9 „

Stellt man eine solche Skala von Parallelepipeden auf und beobachtet, welche von denselben gefallen und welche stehen geblieben sind, so erhält man zwei Grenzwerte für die wirklich stattgefundene Bodenbeschleunigung  $w_m$ .

Benutzt man zwei Systeme von solchen Parallelepipeden senkrecht zu einander, so werden sich wohl gewisse Schlüsse über die Ausbreitungsrichtung der seismischen Störungen gewinnen lassen.

Die Länge der Parallelepiped  $L = 11$  cm ist dabei so gewählt, dass eine maximale Bodenbeschleunigung  $w_m = 200$  in einer Längsrichtung alle Parallelepiped mit Ausnahme des ersten nicht umstossen wird.

In der Tat, damit bei  $2c = L = 11$  cm ein Parallelepipedon umstürzt, muss nach der Formel (46) sein

$$H = \frac{2 \frac{L}{2}}{0.0012 \cdot 200} - 0.4 = 45.4 \text{ cm.}$$

Alle  $H$  mit Ausnahme des ersten sind aber kleiner als 45,4 cm.

Für das erste Parallelepipedon kann man etwa eine doppelte Länge  $L = 22$  cm wählen.

Die hier beschriebene dynamische Intensitätsskala setzt voraus, dass die wahre Bodenbewegung, wenn auch für ein kurzes Zeitintervall, einem harmonischen Bewegungsgesetz entspricht. Die wirklichen Verhältnisse können aber selbstverständlich bei Erdbeben etwas komplizierter ausfallen. Trotzdem würde es sich lohnen, diese dynamische Methode zur Schätzung der Intensität von Erdbeben anzuwenden. Man würde wahrscheinlich vertrauenswertere Angaben erhalten, als durch Schätzung der Bebenstärke nach einer empirischen Stärkegrad-Skala.

Der Apparat ist an und für sich sehr einfach und billig und kann von jedermann selbst leicht angefertigt werden. Man muss nur bei der Aufstellung der Parallelepipeda darauf acht geben, dass die Grundplatte genau horizontal steht und fest mit dem Boden verbunden ist.

Es wäre selbstverständlich viel besser, ganz einfache und wenig empfindliche selbstregistrierende Federseismographen für die drei Komponenten anzuwenden,<sup>1</sup> deren Triebwerk im Moment des Anfangs eines Bebens in Betrieb gesetzt würde, aber in Ermangelung solcher einfachen und billigen Instrumente, welche für die praktische Seismometrie äusserst wichtig wären, könnte zur Zeit die hier beschriebene dynamische Intensitätsskala vielleicht wohl von Nutzen sein.

<sup>1</sup> Man vergleiche z. B. meinen Aufsatz: „Sur l'ébranlement des édifices“. Comptes-rendus des séances de l'Académie des Sciences T. 150 p. 901. Paris 1910.

Auch „Къ вопросу объ изслѣдованіи колебаній зданій“; Comptes-rendus des séances de la Commission sismique permanente. T. III, Livr. 2, Nr. 2.

## Beitrag zur Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen in den obersten Erdschichten.

Die Erdbeben bei Aachen sind geeignet, zur Lösung der Frage über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen in den obersten Erdschichten verwendet zu werden. Der Untergrund ist geologisch<sup>1</sup> und markscheiderisch gut aufgeschlossen, der Herd der Erdbeben ist nicht tief und das Epizentrum lässt sich gut ermitteln. Ganz nahe am Herde liegt eine Erdbebenstation und ringsum liegen zahlreiche weitere Stationen.

Ende Mai 1911 haben mehrere Erdstösse stattgefunden. Auch anfangs September erfolgte ein Stoss, von welchem die Aufzeichnungen nachträglich noch verwertet werden konnten. Alle diese Erdbeben wurden in demselben Gebiete gefühlt, sie zeigten sich in der Wahrnehmung und in der Aufzeichnung so gleichartig, dass sie zusammen behandelt werden können. Die Erdbeben sind nur schwach gewesen, ihre Stärke ist etwas verschieden, aber sie ist durchweg dadurch gekennzeichnet,

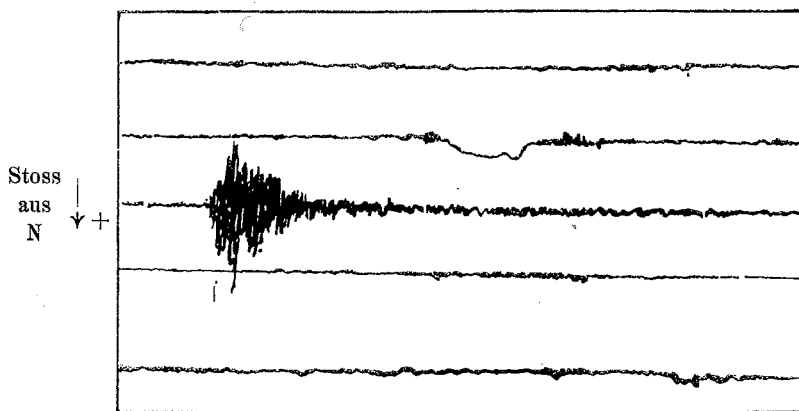


Fig. 1a N-Komp.

dass ruhende Menschen die Beben gefühlt haben, gehende aber nicht. Ausser einigen Rissen an Häusern ist kein Schaden bekannt geworden.

Das Erdbebengebiet liegt in einem Faltengebirge aus dem paläozoischen Zeitalter, es hat die Form einer vierstrahligen Fläche mit zwei Hauptrichtungen: die eine erstreckt sich von SW nach NO etwa 40 km, die andere senkrecht dazu von NW nach SO etwa 45 km weit; die Mitte liegt bei  $\varphi = 50^{\circ} 45'$  n. B. und  $\lambda = 6^{\circ} 15'$  e. L.; sie ist als Mitte des Epizentralgebietes angenommen worden. Die erstere Richtung liegt im Streichen der Schichten; in ihr sind mehrfach Überschiebungen vorhanden, die aber alt sind und an denen eine Bewegung nicht wahrscheinlich ist. In der

<sup>1</sup> HOLZAPFEL: Die Geologie des Nordabfalles der Eifel mit besonderer Berücksichtigung der Gegend von Aachen. Festschrift z. XI. allg. Deutschen Bergmannstag in Aachen 1910.

zweiten, dazu senkrechten Richtung geht ein System von Verwerfungsspalten aus der Tertiärzeit durch. Diese jungen Verwerfungen können nach dem Urteile der Geologen und den Erfahrungen der Bergleute noch nicht ganz zur Ruhe gekommen sein. Die Bewegung ist markscheiderisch nachgewiesen worden durch Messungen in der Grube Nordstern bei Herzogenrath, die von mir im Jahre 1905 begonnen worden sind; an einer Spalte in 450 m Tiefe wurde innerhalb zweier Jahre 90 mm Höhenverschiebung gemessen.<sup>1</sup> In diesem von NW nach SO verlaufenden Spaltensystem ist der

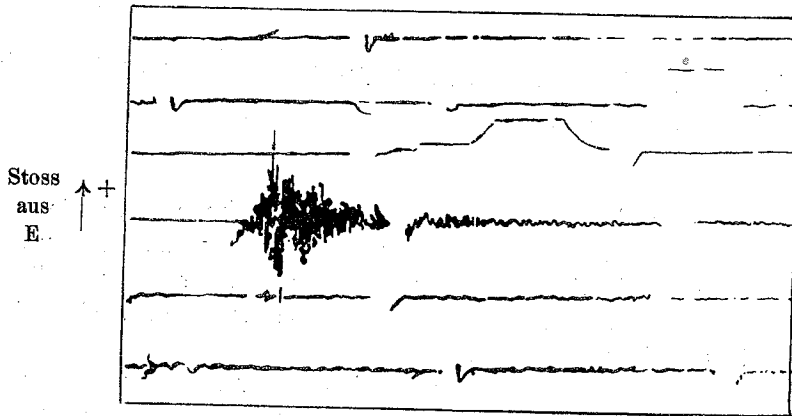


Fig. 1b E-Komp.

Erdbebenherd zu suchen. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass eine Gebirgsscholle plötzlich etwas abgesunken ist. Dann hätten wir eine nach der Tiefe steileinfallende längsgestreckte Herdfläche. Der obere Rand der Herdfläche wird an oder nahe an der Erdoberfläche liegen, die Tiefenaus-

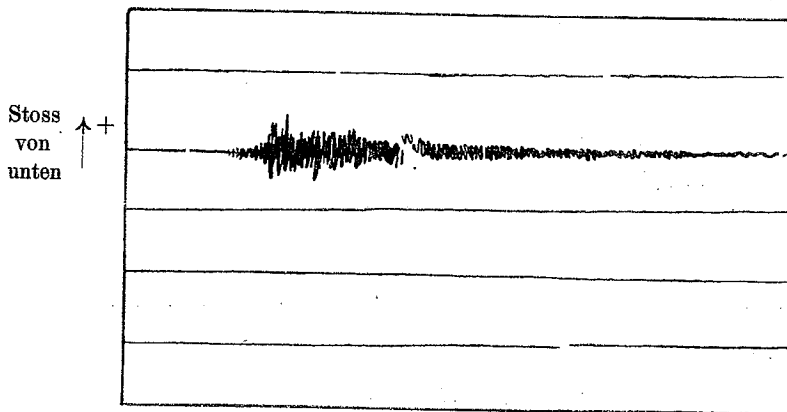


Fig. 1c V-Komp.

dehnung lässt sich aus dem Umstande ermessen, dass auf der Aachener Station das Maximum schon 3 Sekunden nach Eintritt des Bebens erreicht war.

Die Seismographen der Aachener Station — Wiechertsche Pendel — stehen teils bei  $\varphi = 50^\circ 45' 9''$ ,  $\lambda = 6^\circ 4' 8''$  (Bergschule), auf festem devonischem Gestein, teils bei  $\varphi = 50^\circ 46' 8''$ ,  $\lambda = 6^\circ 4' 8''$  (Hochschule) auf weichen Schichten der Kreide. Die Entfernungen der Instrumente vom angenommenen Epizentralpunkt  $\varphi = 50^\circ 45'$  und  $\lambda = 6^\circ 15'$  e. Gr. sind 12.2 km und 12.4 km. Nach den Registrierungen handelt es sich je nur um einen kurzen scharfen Stoss. Dieser kurze,

<sup>1</sup> HAUSSMANN: Neuerungen im Markscheidewesen. Mitt. a. d. Marksch.-Wes. N. F. 12. Heft. 1910.

präzise Verlauf ist der Untersuchung günstig. Drei Seismogramme der Aachener Station für das Beben vom 6. Sept. 1911 sind in Fig. 1a—1c dargestellt, es sind 3·7-fache Vergrößerungen der Aufzeichnungen von 200 kg Horizontalpendeln und einem 80 kg Vertikalpendel, die dicht über devonischem Sandstein in einem Keller der Bergschule stehen; die näheren Angaben für die Original-seismogramme sind:

Fig. 1a:	N-Komp.	V=128	$T_0=6\cdot7s$	1:5	$2r=3\cdot0\text{ mm}$
Fig. 1b:	E-Komp.	V=118	$T_0=6\cdot7s$	1:5	$2r=2\cdot2\text{ mm}$
Fig. 1c:	V-Komp.	V=56	$T_0=6\cdot3s$	1:5	$2r=5\cdot6\text{ mm}$

Es erzeugt eine Stosswelle von Nord in Fig. 1a einen Ausschlag nach unten  
 Ost „ „ 1b „ „ „ oben  
 unten „ „ 1c „ „ „ oben.

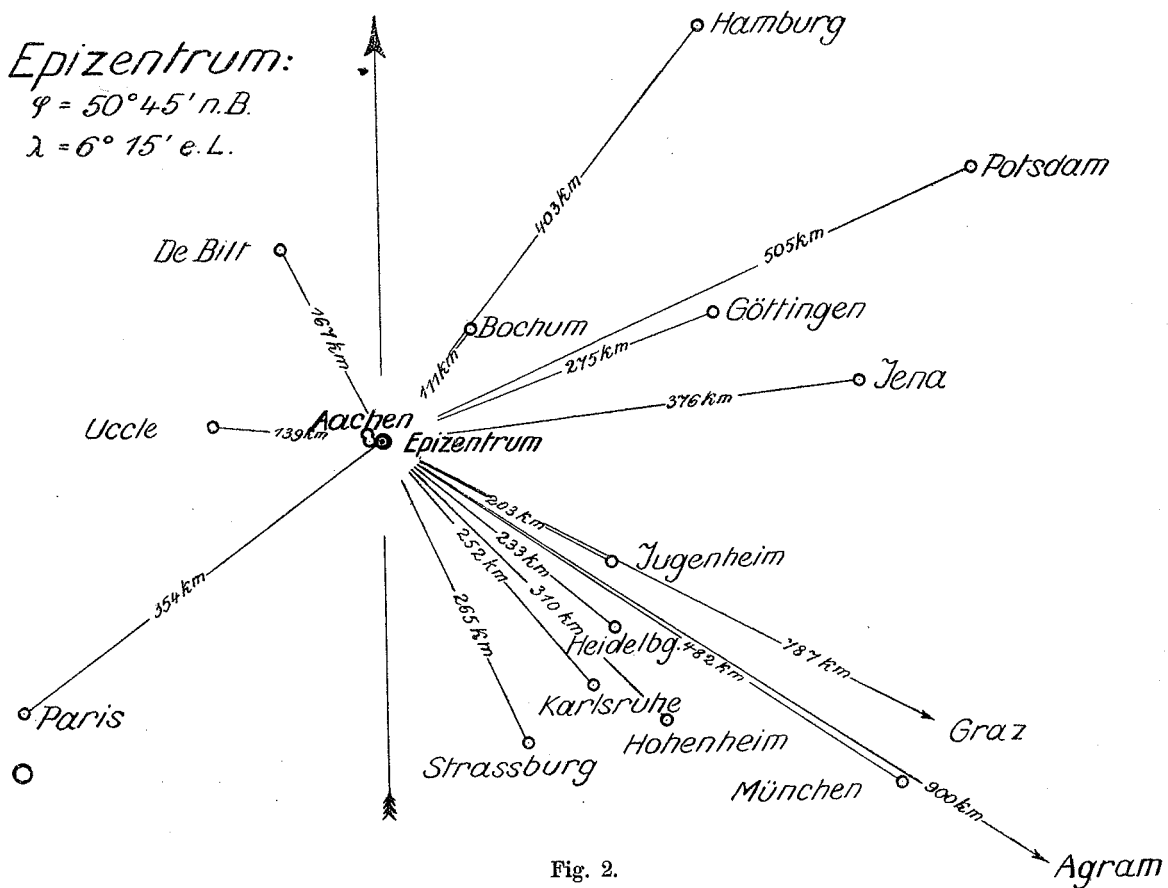


Fig. 2.

Die Registriergeschwindigkeit ist 10 mm für die Minute. In den Figuren entspricht also die Länge von 37 mm einer Minute. Die Zeit  $13^{\text{h}} 54^{\text{m}}$  und  $55^{\text{m}}$  ist durch Zeichen kenntlich gemacht. Andere Seismogramme der Aachener Station können nicht angegeben werden, da beim 1000 kg-Pendel die Stosstangen gleich zu Anfang des Bebens aus ihren Lagern geworfen wurden und bei den photographisch registrierenden Pendeln die Lichtempfindlichkeit des Registrierpapiers für die raschen Bewegungen nicht gross genug war.

Über die hier behandelten Beben wurden mir auf meine Bitte von den andern Stationen in bereitwilliger Weise Angaben gemacht, auch mehrfach Seismogramme im Original oder in Kopie zugesandt; ich möchte den Stationen für ihr Entgegenkommen an dieser Stelle meinen besten Dank aussprechen.

Station : Entfernung v. Epizentr.:	Aachen 12 km	Bochum 111 km	Uccle 139 km	De Bilt 167 km	Jugenheim 203 km	Heidelberg 233 km	Karlsruhe 252 km	Strassburg 265 km
	1	2	3	4	5	6	7	8
Erdbeben: 1 1911. Mai 30	P: 19h 26m 20s	P: + 18s M : 32	P: + 18s L : 34	—	—	—	—	e: + 71s
Erdbeben: 2 1911. Mai 30	P: 19h 43m 28s	P: + 16s M : 33	P: + 18s L : 35	iP: + 37s M : 41	e: 43s	P(?) : + 33s i : 88	e: + 66s	e: + 66s
Erdbeben: 3 1911. Mai 31	P: 0h 13m 46s	—	—	—	—	—	—	—
Erdbeben: 4 1911. Mai 31	P: 2h 8m 4s	P: + 17s M : 31	P: + 19s L : 35	e: + 46s	—	—	—	e: + 69s
Erdbeben: 5 1911. Sept. 6.	P: 13h 54m 13·5s	e: 29s M: 41	P: + 20s L : 38	iP: + 33s M : 48	eP: + 35s eS: (47) eL: 65	—	—	e: 66s M: 75

Die Entfernungen der Stationen vom Epizentrum ergeben sich bei der kleinen Ausdehnung genügend genau aus der Näherungsformel:

$$E = \frac{R}{\rho} \sqrt{(\varphi_n - \varphi_o)^2 + (\lambda_n - \lambda_o)^2 \cos \varphi_o \cos \varphi_n}$$

Für das in Betracht kommende Gebiet ist  $R = 6380$  km eingesetzt worden. Die Lage der Stationen gegen das Epizentrum ist in Fig. 2 dargestellt.

Die Ergebnisse der Registrierung auf den verschiedenen Stationen sind in obenstehender Tabelle und in Fig. 3 zusammengestellt. Man erhält weder ein einheitliches, noch ohne weiteres ein übersichtliches Bild. Zunächst erkennt man, dass bei diesen kleinen Beben vielfach die Aufzeichnung nicht mit  $P$  sondern erst mit den langen Wellen beginnt, dass also die Vorläufer nicht mehr zum Ausdruck kommen. Ferner deuten die zerstreut liegenden Phasenpunkte der Registrierungen darauf hin, dass der Verlauf der Seismogramme für diese obersten Erdschichten verschieden ist und erheblich von der Beschaffenheit und vom Aufbau der durchlaufenen Schichten abhängt. Von letzterem Gesichtspunkte aus ist nun der Versuch gemacht worden, Laufzeitkurven für den vorliegenden Fall aufzustellen.

Die Laufzeiten der Stationen Uccle und Göttingen und anschliessend daran Paris geben für den ersten Vorläufer die Linie  $P_1$ ; diejenigen der Stationen Bochum, Jugenheim und Hamburg ergeben die Linie  $P_2$ . Die Werte für andere Stationen wie Heidelberg, Hohenheim, Jena und auch Graz liegen zwischen beiden Linien und schliessen sich mehr der einen oder andern Reihe an. Man erhält also für diese beiden Gruppen von Stationen Grenzwerte der Geschwindigkeit für den ersten Vorläufer.



Göttingen 275 km	Hohenheim 310 km	Paris 354 km	Jena 376 km	Hamburg 403 km	München 482 km	Potsdam 505 km	Graz 787 km	Agram 900 km
9	10	11	12	13	14	15	16	17
eP: + 43s eS : 72·5	—	—	—	—	—	—	—	—
eP: + 43s iS : 74·5 I(?) : (100)	—	P: + 55s S : 93 L : 136	e: + 85s 122	eP: + 73s i: { 121 135 M : 172	e: + 141s	e: + 148s	P: + 117s L : 232	e: + 261s 287s
eP: + 43s eS(?) : 71	—	—	—	—	—	—	—	—
eP: + 42s iS : 73	—	P: + 55s (S) : 92 (L) : 144	e: 101s 116	—	—	—	e: 233	—
eP: + 39·5s eS : 73 M : 78	eP: + 50s M : 110	(P): + 56s (S) : 93	e: + 61s	e: + 77s	e: + 139s	(P): + 156s	e: + 162s M: + 242	e: (+ 258s) (300)

Auch für den zweiten Vorläufer sind, wenn auch etwas weniger deutlich, verschiedene Geschwindigkeiten erkennbar. Die Werte von Göttingen liefern die Linie  $S_1$ , die von Hohenheim die Linie  $S_2$ .

Für die langen Wellen lässt sich mit dem hier vorliegenden Beobachtungsmaterial eine Unterscheidung der Geschwindigkeiten noch nicht sicher durchführen, es ist deshalb durch die Linie  $L$  eine mittlere Geschwindigkeit von 3·3 km in der Sekunde angedeutet worden, so dass die Abweichungen der Werte der einzelnen Stationen von diesem Mittelwerte erkennbar sind.

Auf Grund des vorliegenden, allerdings noch ergänzungsbedürftigen Materials lassen sich im vorliegenden Falle zwei Hauptrichtungen unterscheiden, in denen die Geschwindigkeiten der Vorläufer folgende Grenzwerte erreichen:

Entfernung vom Epizentrum	150	200	300	400 km
Fortpflanzungsgeschwindigkeit:				
1. Vorläufer, Linie $P_1$	6·0	6·0	6·2	6·7 km
1. " " $P_2$	5·0	5·0	5·1	5·5 "
2. Vorläufer, Linie $S_1$	3·4	3·4	3·6	km
2. " " $S_2$	3·5	3·5	3·6	"

Von diesen Hauptrichtungen geht diejenige für  $P_1$  und  $S_1$  von W nach O, bis SW nach NO, diejenige für  $P_2$  und  $S_2$  quer dazu. Das Epizentrum liegt in einem alten Faltengebirge, das von W und SW herkommt und, vielfach unter jüngerer Bedeckung, nach O und NO weiterzieht. Die

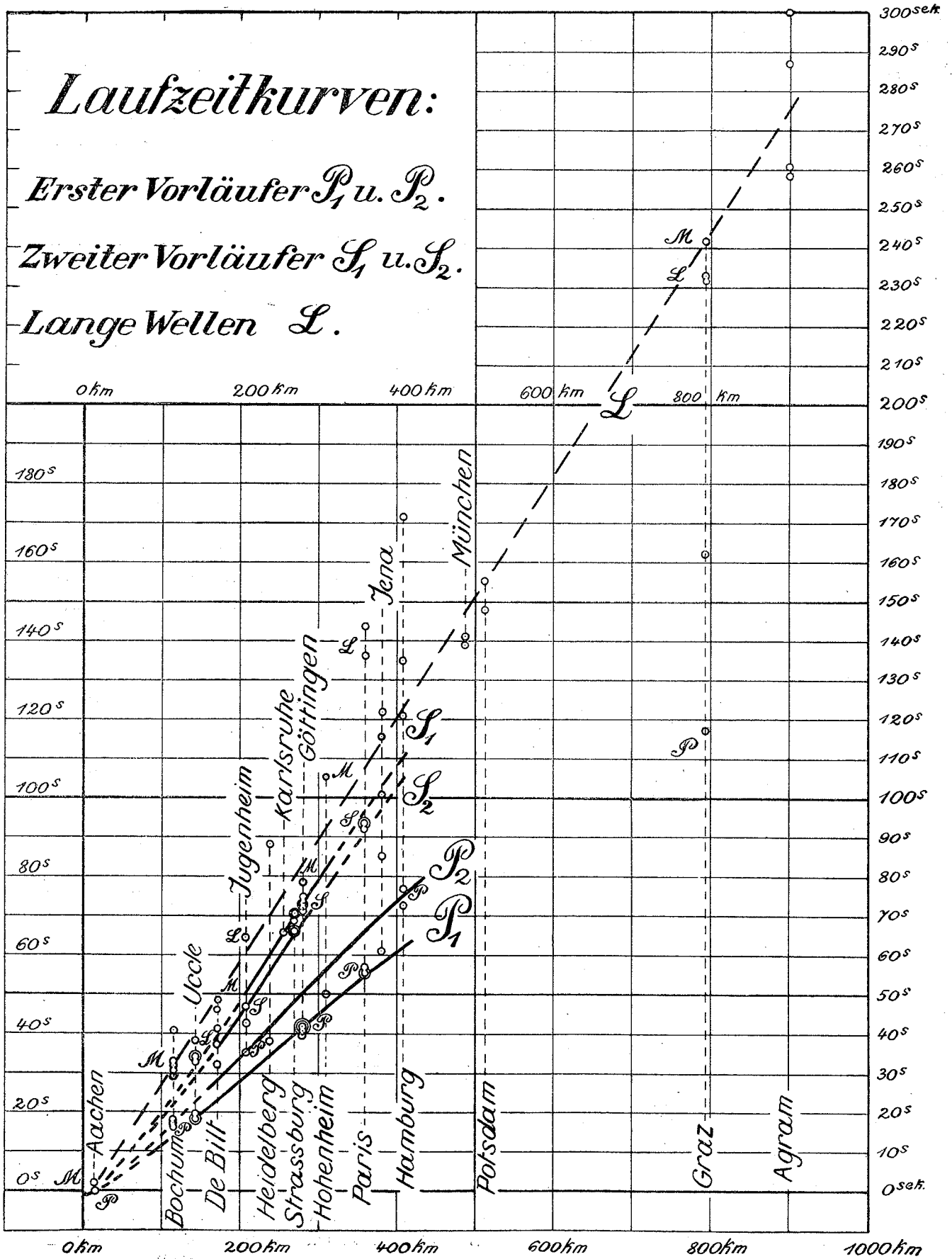


Fig. 3.

erste Hauptrichtung liegt im Streichen der Schichtenfaltung, die zweite quer dazu, die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten  $P_1$  und  $S_2$  gehören der Streichrichtung der Schichten des Faltengebirges,  $P_2$  und  $S_1$  der Querrichtung dazu an.

Die Seismogramme von De Bilt, die mir in Kopien vorlagen, zeigen besondere Verhältnisse an. Ihre Zeitdauer ist 11 Minuten, während diejenige weiter entfernter Stationen 5 Minuten nicht überschreitet. Den zuerst auftretenden Perioden von etwa einer Sekunde folgen Perioden von 3 bis 4 Sekunden bei grösseren Ausschlägen. Die nähere Untersuchung lässt es als wahrscheinlich, sogar fast als sicher erscheinen, dass weitaus der grösste Teil der Bodenbewegung nicht mehr zum eigentlichen Erdbeben gehört, sondern Eigenschwingungen des Bodens — in Wasser stehende Sandmassen — vorstellt, die durch das Erdbeben hervorgerufen worden sind.<sup>1</sup> In ähnlicher Weise, wenn auch nicht gleich stark, sind andere Stationen beeinflusst worden.

*Zusammenfassung.* Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen in den obersten Erdschichten hängt erheblich von der Art und dem Aufbau der Schichten ab. In dem hier vorliegenden Gebiete — im ganzen ein altes Faltengebirge — hat in der Streichrichtung der erste Vorläufer in 150 und 200 km Entfernung vom Epizentrum eine Geschwindigkeit von 6.0 km in der Sekunde, bei 400 km eine solche von 6.7 km. In der Querrichtung zum Streichen sind die entsprechenden Geschwindigkeiten des ersten Vorläufers 5.0 und 5.5 km. Der zweite Vorläufer pflanzt sich in der Streichrichtung etwas langsamer fort als quer dazu. Für 150 und 200 km Entfernung ergaben sich in der Streichrichtung 3.4 km, in 300 km 3.6 km Geschwindigkeit; quer dazu sind die entsprechenden Werte 3.5 und 3.6 km. Die Oberflächenwellen zeigen nach verschiedenen Richtungen ebenfalls verschiedene Geschwindigkeiten, im Mittel 3.3 km in der Sekunde; eine Unterscheidung ist bei den bis jetzt vorliegenden Beobachtungen noch nicht möglich.

Die Seismogramme der auf weichem oder gelockertem Untergrunde stehenden Stationen sind einer besondern Betrachtung zu unterziehen, da sie Eigenschwingungen des Bodens, hervorgerufen durch die Erdbeben, mitenthalten können.

K. HAUSSMANN.

## Berussung mit Benzol.

Die Berussung der Registrierbogen geschieht auf der Erdbebenstation in Aachen mit Benzol. Diese Art hat mancherlei Vorzüge gegen die Berussung mit Petroleum oder anderem Öl. Der Benzolruss ist trocken, leicht und weich, im Gegensatze zum Ölruss, der feucht und klebrig ist, auch leicht hart wird. Die Handhabung ist einfach, der Verbrauch an Benzol ist ganz unbedeutend.

In eine kleine Waschflasche wird ein wenig Benzol gegossen. Im Halse der Flasche steckt ein Wattebäuschchen, das vor dem Gebrauche durch Neigen der Flasche ein klein wenig angefeuchtet wird. Als Flammrohr dient ein Messingrohr mit einer Reihe feiner Öffnungen. Zwischen Flamme und Fläschchen wird zum Schutze gegen das Zurückschlagen der Flamme eine Trommel mit engem Drahtnetze eingefügt. Zum Durchblasen der Benzolgase wird die Gasleitung benutzt. Man kann aber auch Luft mit Wasserdruck durch die Benzolf flasche blasen, entweder mit der Wasserleitung, oder mit einer grösseren Wasserflasche; nimmt man eine umkehrbare Doppelflasche, so kann man immer dasselbe Wasser benutzen.

K. HAUSSMANN.

<sup>1</sup> WIECHERT: Über Erdbebenwellen. Abh. d. Ges. d. Wiss. zu Göttingen. 1907.

## Auxiliary Instruments for the interpretation of Seismograms.

My experience is probably that of others too, that the examination of seismograms shows at times disturbances and movements that are not readily attributable to earthquakes. Among these movements I do not include those regular pulsations known as microseisms lasting hours and days, and which so frequently occur, especially between autumn and spring.

The a priori influences that may be expected to affect the seismograph outside of earthquakes are: the gravitational ones of the moon and sun, investigated and determined by PROFESSOR HECKER; and the meteorological ones, including barometric pressure, precipitation, wind, heat and frost.

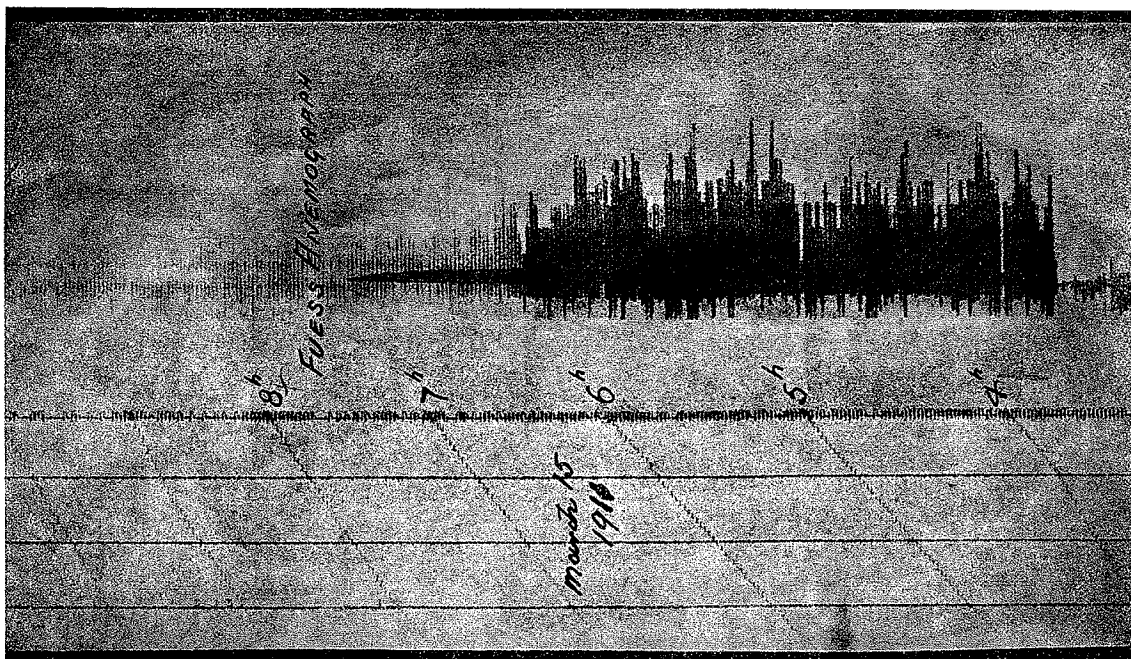


Fig. 1.

Our seismograph at the observatory at Ottawa, is situated in the basement and its pier is free from the cement floor, but I regret that the adjoining room is occupied as a machine shop which at times exercises a sufficiently disturbing influence on the zero line that it would be unsafe to base refined measures of the position of the zero line as due to extraneous causes. It is the grosser movements alone that I can interpret at present. When the auxiliary instruments were obtained it was hoped that other and outside quarters for the machine shop would be found, but the transfer has been delayed. It may be mentioned however, to allay any misconception, that the presence of the shop has no effect whatever as far as the records of earthquakes or microseisms are concerned.

The auxiliary instruments acquired are: a Callendar electric recording Thermograph reading from  $-50^{\circ}$  to  $+50^{\circ}$  C over a graduated scale of 200 mm., and a time-scale of a little over 300 mm. for each day's sheet; a Shaw-Dines microbarograph for rapid differential pressure, not

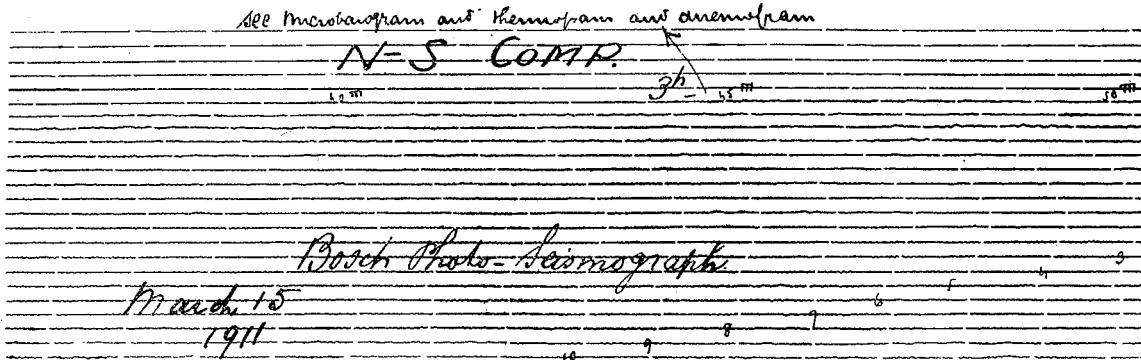


Fig. 2.

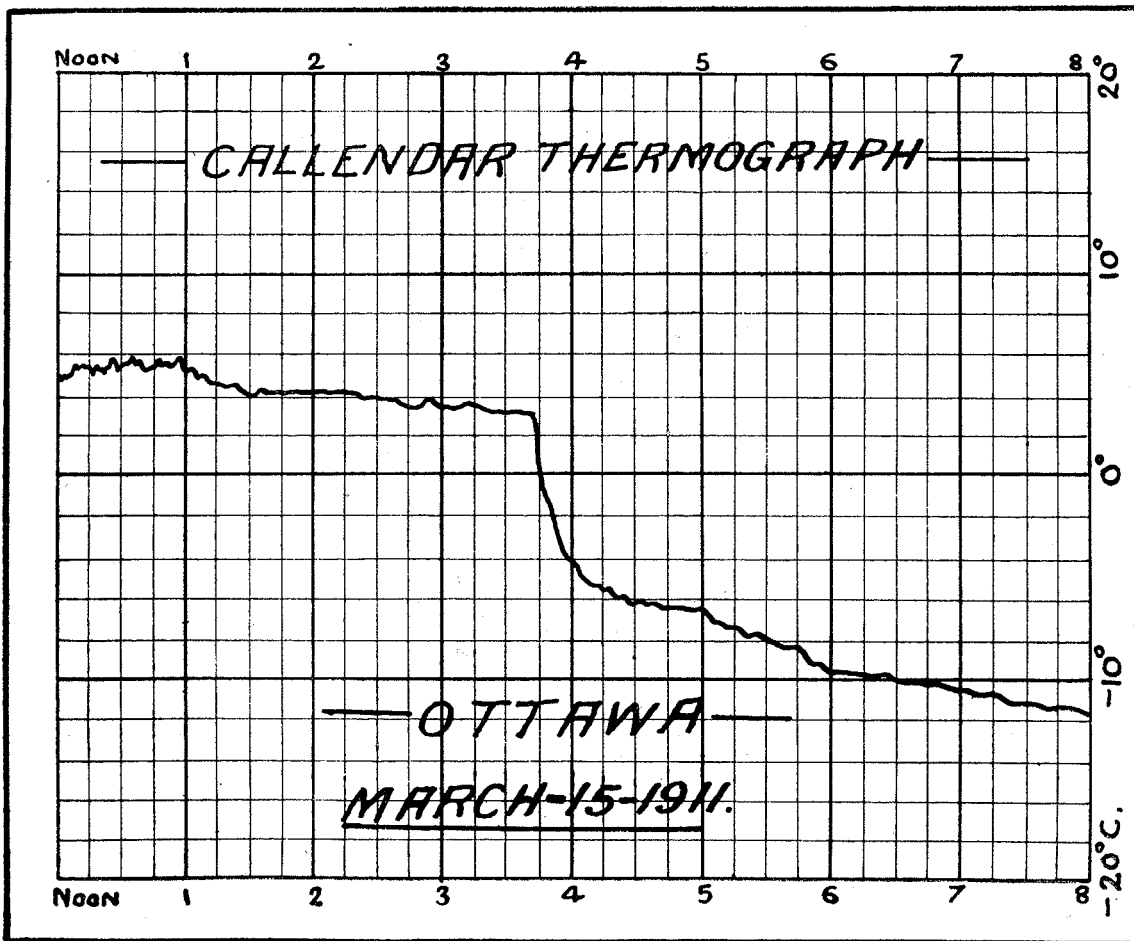


Fig. 3.

absolute pressure, with a magnification of 20; and a Fuess electric recording anemograph. This last instrument has four pens for the four cardinal points for direction, recording also for the intervening quadrants, i. e., it records eight directions; then there is the pen for the anemometer

or velocity, and lastly the pen for wind pressure which is differentiated by twelve electric contacts indicating pressures from 0 to 7.52 pounds per square foot. All these instruments record in aniline ink. Black ink is preferable when the diagram is to be photographed.

As stated, the complete usefulness of these instruments in connection with the seismograph has for reasons given not yet been obtained. However interesting correlation has been observed; and of which I have brought several illustrations. It may be observed that before we were in possession of these auxiliary instruments the cause of the irregular movements by the seismograph was by no means apparent. Now, it is a very simple matter, for invariably the record of the

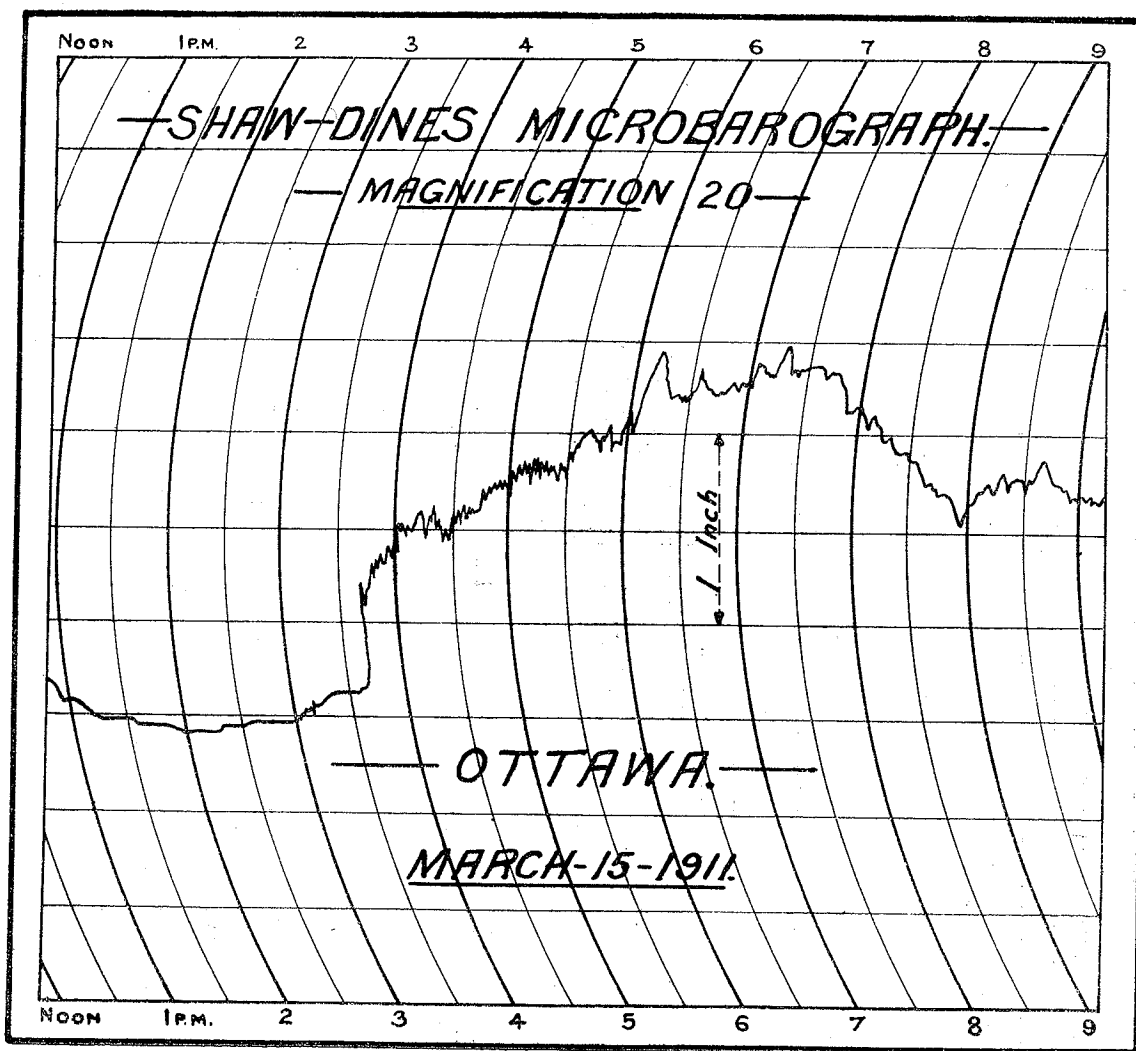


Fig. 4

auxiliary instruments gives immediately the clue of explanation. It may be pointed out that the wind effect is one almost wholly due to the vibrations of the observatory, and not only that, but of the building in a north-south direction, as the greater length is in an east-west direction, and hence practically only the seismograph of the N-S component is disturbed. From this we see that the wind effect, as far as setting up vibrations over the surface of the ground, is very small compared with the effect on buildings.

Incidentally it may be mentioned that several times a year, generally on the occasion of assemblies or conventions in the city, the members pay a visit to the observatory, and when they

visit the room above the seismograph room a distinct deflection is shown by the seismograph, the weight of the visitors being carried down the partition wall into the earth, thereby producing a tilting of the pier and a displacement of the zero line. The time of coming and going of the crowd is readily revealed by the seismograph.

Sometime ago during the convention at Ottawa of the Sons of England in Canada a large party of them visited the observatory, and in their tour through the building visited the above room where interesting instruments were exhibited. Their „impression“ was duly recorded by the seismograph and amounted to 0.097" of arc, equivalent to a gradient of one inch in thirty three miles, or 1 in 2 million.

This brief paper will have served its purpose if it has drawn attention to the fact that auxiliary instruments, such as referred to, assist materially in interpreting the behavior of a seismograph when actuated by other forces than those of earthquakes.

Otto Klotz.

## Sur la possibilité de la prévision des tremblements de terre.

Messieurs, Lorsque M. REID me chargeait il y a deux ans et demi d'inscrire à l'ordre du jour de notre Conférence de Zermatt son remarquable mémoire sur les leçons à tirer du tremblement de terre de San-Francisco, et sur la prédiction de certains sismes, je lui annonçais tout de suite que moi aussi, j'étais sur la piste du même problème, et que je serais naturellement très curieux de savoir combien nos méthodes étaient d'accord. Accomplie la tâche que je me suis proposée sous la douloureuse impression du tremblement de terre de Messine, je peux constater, aujourd'hui, avec satisfaction que, sur le fond, nous avons eu les mêmes idées. Cependant il me semble que j'ai réussi à pousser plus loin le développement de la solution.

M. REID cherche à révéler, par des opérations géodésiques itérées, le déplacement relatif des repaires fixes, c'est-à-dire le quotient différentiel de la tension des couches terrestres par rapport au temps et à l'espace, partant l'existence de la tension même, et il ne s'agit que de savoir quand cette tension sera devenue assez grande pour rompre la cohésion du sol.

Pour résoudre ainsi la question il serait nécessaire de savoir observer non seulement la dérivée de la tension, mais encore ses variations et de connaître la tension maxima que peut supporter la couche terrestre mise en cause.

On avouera que c'est une tâche presque inabordable aujourd'hui et pour l'observation et pour la théorie.

Heureusement une solution plus facile se présente, car le quotient différentiel de la tension est très étroitement lié à l'expression de la vitesse de propagation des perturbations sismiques, partant à une quantité qu'on saurait aisément observer.

Les répliques des tremblements de terre et les secousses prémonitoires si bien étudiées par M. OMORI démontrent d'une façon incontestable que la tension des couches terrestres est toujours accompagnée d'une tension secondaire due à l'hystérésis. Or la théorie fait voir qu'une tension croissante s'accuse toujours par la diminution de la vitesse de propagation, et vous y avez le premier cri d'alarme d'un tremblement de terre qui menace. Reste à savoir le temps et la région où il aura lieu.

Pour répondre à cette question on devrait connaître et la tension et l'hystérésis en fonction du temps. En première approximation on peut supposer que la tension augmente proportionnellement au temps. Il était ainsi de rigueur, si cette tension était due à une variation du gradient géo-thermique, ce qui me paraît assez probable. Mais on ne doit point oublier qu'en outre de cette tension primaire et purement tellurique il y a des influences cosmiques et météorologiques qui, incapables en elles-mêmes à déclencher un tremblement de terre, l'aident cependant à le faire éclater prématurément. On voit tout de suite que ces tensions accessoires, pour la plupart desquelles la prévision nous manque, rendent impossible une solution définie. Si l'on avait le moyen de la trouver, elle se trouverait toujours déplacée, et cela d'une façon tout à fait inappréciable.

Le problème principal à résoudre est de trouver la forme analytique de la fonction de l'hystérésis. Grâce aux études très nourries de M. OMORI sur les statistiques des répliques, c'est une tâche assez facile, et les répliques de quelques tremblements de terre japonais, qu'on peut déjà



qualifier d'historiques, donnent même l'assurance que la fonction ainsi trouvée restera valable pendant plusieurs dizaines d'années.

On sait que la fréquence des répliques suit une loi à peu près hyperbolique. Malgré la déformation très prononcée qu'on observe surtout au commencement de l'hyperbole équilatérale, on en peut déduire rigoureusement la loi de l'hystérésis qui se présente comme fonction logarithmique du temps ayant une grande affinité avec la fonction de l'entropie. La déformation sert à nous révéler toute l'histoire antérieure de la couche terrestre en question, mais ce qui est surtout important c'est que la fréquence des répliques nous fournit avec une précision vraiment surprenante l'époque, où le tremblement de terre a éclaté.

On dispose dès maintenant des éléments que le problème de la prévision exige, mais il est toujours impossible d'en donner la solution stricte. On se contentera d'indiquer deux limites, entre lesquelles le sisme se devra produire, ce qui a, d'ailleurs, l'avantage de nous fournir une indication sur la force du tremblement de terre attendu. Et vous remarquerez que cette façon de solution est même indépendante des actions secondaires cosmiques ou météorologiques, pourvu qu'elles soient, entre deux tremblements de terre, à peu près proportionnelles au temps. Ce qui facilite surtout la solution du problème, c'est que la grandeur absolue de la tension a disparu de l'expression de la vitesse de propagation, partant on se passe d'un élément dont la connaissance serait trop difficile à acquérir.

Dans toute la littérature sismologique il n'y a qu'une seule série de vitesses de propagation bien observée, celle qui a été relevée par la triangulation sismologique japonaise entre 1895 et 1898. Encore il y a dans cette série une interruption de presque deux ans de sorte que la courbe des vitesses ne présente que deux branches bien développées. D'abord on voit très bien que chaque abaissement de la courbe de vitesse est suivie d'un tremblement de terre, et que la deuxième branche fait prévoir un nouveau sisme qui, en effet, a éclaté le 10 août 1898.

C'est ce sisme duquel j'ai fait, en me basant sur la théorie que je viens brièvement d'exposer, la prévision rétrospective. Sans aucune intervention de la méthode des moindres carrés je déduis de la première branche de la courbe de vitesses les constantes du problème qui fourniront les limites de l'époque du tremblement de terre et qui, d'ailleurs, sont fonctions des qualités du sous-sol. Selon la théorie le sisme a dû éclater entre les 7 juin et 19 août et l'intensité calculée de l'ébranlement s'accorde parfaitement avec la force observée. La valeur de cette prévision rétrospective se trouve augmentée par les valeurs numériques des constantes tirées de l'observation des vitesses; elles sont toutes confirmées par l'observation directe.

Donc il me semble que nous avons ici une méthode digne d'être suivie. Il s'agit avant tout de mieux observer les vitesses de propagation et ses changements. Par ce chef même j'appuie très chaleureusement le projet de triangulation sismologique de M. PALAZZO. Mais vu la presque-impossibilité de mettre d'accord parfaitement deux sismographes même de construction identique, je préférerais une méthode qui nous donnerait immédiatement la vitesse locale dans le sous-sol de la station. Par la présente conférence je désire attirer l'attention de ceux qui s'occupent du magnétisme terrestre à la possibilité d'une telle méthode d'induction qui permettra de déduire, des variations des éléments magnétiques, durant le passage d'une onde sismique, la vitesse locale. Après les recherches de MM. EBERT et ESCHENHAGEN qui, autant que je voie, ont quelque chose à faire avec nos vibrations microsismiques, je crois à la possibilité de la solution du problème que je viens d'indiquer.

Si un réseau quelque étendu s'occupera de telles observations, il sera facile de dresser des cartes synoptiques donnant les courbes de vitesses égales, les isotachytes. La migration de leur noyau, de la miotachyte, indiquera l'épicentre du tremblement de terre futur.

Ce que je viens d'exposer brièvement tient bon pour toutes les espèces de sismes. S'il n'était pas purement tectonique, l'intervention des méthodes gravimétriques ajouterait encore au succès.

R. DE KÖVESLIGETHY.

## On the transmission of the earth's vertical motion to floating bodies.

By Dr. ANTONINO LO SURDO.

In a previous Memoir published in the Rendiconti della R. Accademia dei Lincei,<sup>1</sup> I have shown that between two points of a liquid mass, filling a vessel closed by rigid walls, a difference of pressure through inertia, is produced when the vessel is set in motion. This difference of pressure has at every moment a value which is expressed by the product of the density  $\sigma$  of the

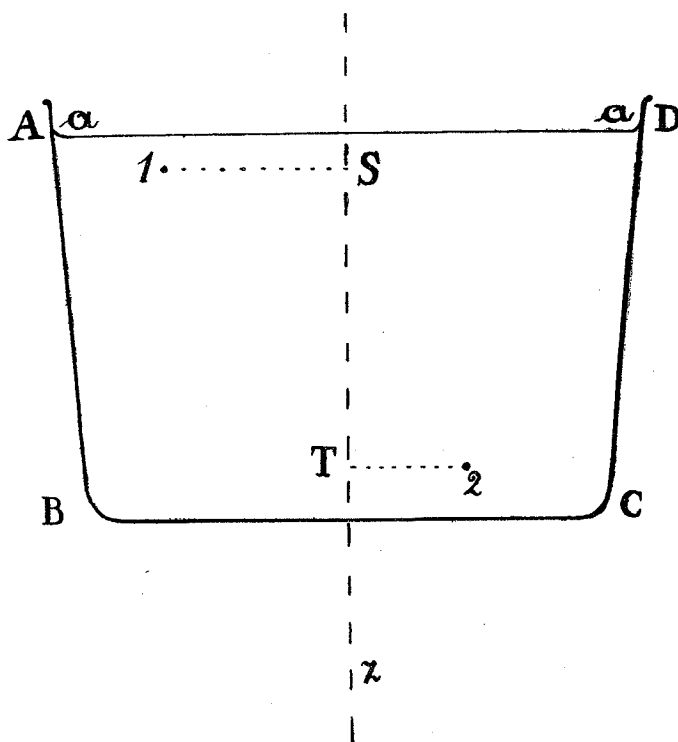


Fig. 1.

liquid and the distance  $l$  between the projections of the two points in the direction of the movement, and by the acceleration  $x''$  of the rectilinear motion:  $x = f(t)$ .

Let us consider now the case where the liquid mass subject to gravity is contained in a vessel  $ABCD$  open at the top (Fig. 1): it is thus limited below by the sides of the vessel, and, above, by the horizontal free surface  $aa$ .

<sup>1</sup> Vol. XVIII, serie 5a, 2° sem. 1909, fasc. 10°.

Let us subject the vessel to any varied vertical motion:  $z = f(t)$ , rectilinear, and suppose that the acceleration  $z''$  of this movement be continuously maintained always less than  $g$ , the acceleration due to gravity. Under these conditions the liquid, as far as the effects of inertia are concerned, is to be considered as enclosed in a vessel which it fills completely; and, in fact the mass of the liquid pushed upwards by the sides or downwards by the prevalent action of gravity, is obliged to move in the same way as the vessel; therefore, even in this case, a force  $z'' dm$  in addition to gravity must be exerted at any moment so that the liquid mass  $dm$  moves in the same way as the vessel, so as to compensate the reaction of inertia  $-z'' dm$ . The difference of pressure between two points 1 and 2 in the interior of the liquid due to gravity and inertia will be given by the equation:

$$p_1 - p_2 = l \sigma (g - z'')$$

where  $l$  is the vertical distance  $ST$  between the two points 1 and 2.

Let us suppose then that a floating body is in stable equilibrium on the surface of the liquid; the metacentre  $C$  is then vertically above the centre of mass  $M$ . As long as the liquid is at rest, the weight of the floating body  $P = mg$ , is balanced by the hydrostatic pressure, so that:

$$mg - v \sigma g = 0,$$

where  $v$  is the liquid displaced.

If we subject the vessel to a vertical motion, the liquid also, as has been said, will have the same motion, and the acceleration will then be  $g - z''$ . The pressure becomes  $v \sigma (g - z'')$  and exceeds the weight by  $v \sigma z''$ ; the floating body is therefore acted upon by a vertical force:

$$F = v \sigma z'' = m z'',$$

which is the force required to accelerate its motion by  $z''$ , that is to say, to make it to follow the motion of the liquid.

The floating body takes the same vertical motion of the liquid as if it were rigidly connected with it.

A simple experimental test of this result can be obtained, for example, with an aerometer immersed in a vessel containing water; by displacing the vessel vertically upwards and downwards, it will be seen that the aerometer will move exactly with the water.

The foregoing considerations are applicable to the particular instance of a ship immersed in a basin, all included in the area of a seismic epicentre, and in this case it may be asserted that:

*Ships feel the vertical earthquake, as if they actually stood on the bottom of the basin, in which they are floating.*

## Bestimmung der Aktivität der seismischen Perioden.

Prof. J. MIHAJLOVITSCH, Belgrad.

### Vorbemerkung.

Bekanntlich wird das Bedürfnis immer fühlbarer, makroseismische Erscheinungen durch irgendeinen passenden mathematischen Ausdruck darzustellen, um einzelne Erdbeben, gleich mathematischen Grössen, miteinander vergleichen zu können. Desgleichen macht sich auch das Bedürfnis geltend, einzelne Erdbeben auch graphisch durch Diagramme zu veranschaulichen, aus welchen letzteren man auf den ersten Blick die Grösse der seismischen Unruhe irgendeines durch Dislokationen begrenzten Teiles der Erdrinde abzuschätzen imstande wäre. Bei der einen wie bei den anderen Darstellungsweisen hätte die seismische Unruhe eines solchen Stückes der Erdrinde als Grundlage zu dienen, welches das Verhalten eines abgesonderten, von sekundären Dislokationslinien durchschnittenen Ganzen zeigt, wodurch auf diesem selbst kleinere, stärker oder schwächer beunruhigte Teile (Schüttergebiete) gebildet werden. Eine der Hauptaufgaben der modernen seismologischen Forschung besteht eben in der definitiven Begrenzung solcher grossen Grundlagen und ihrer Schüttergebiete. Dies kann nur durch allseitige, systematische Untersuchung der seismischen Erscheinungen auf der ganzen Erde, sowie durch eine gleichförmige, nach identischen Methoden durchgeführte Darstellung erreicht werden. Zu diesem Zwecke ist jedoch eine solide Organisation der seismologischen Forschung auf der ganzen Erde erforderlich, wie sich dieselbe bereits durch die Gründung der Internationalen Seismologischen Assoziation zu verwirklichen begonnen hat.

Vorläufig sind die makroseismischen Forschungen auf jene Teile der Erdoberfläche beschränkt, die durch politische Grenzen eingeengt sind, während die mikro-seismischen mittels ununterbrochener, wechselseitiger Verbindung zwischen den einzelnen Observatorien und Instituten jene Grenzen bereits zu überschreiten beginnen. Gemäss dem Kulturzustande, in dem sich die einzelnen Staaten befinden, entwickelt sich auch die Organisation der Einsammlung des für die genannte Forschung nötigen Materials, womit auch die wissenschaftlichen Untersuchungen gleichen Schritt halten.

Es versteht sich von selbst, dass eine weitverzweigte Forschung unmittelbar auch zu vollkommeneren Methoden der wissenschaftlichen Arbeit selbst führt. Dies gilt namentlich von der Seismologie, die bis vor kurzer Zeit keine eigenen Methoden besass, sondern dieselben von den ihr verwandten Wissenschaften: der Geologie, Physik, Mathematik, Geographie und Geodäsie entlehnte. Gegenwärtig verfügt sie über ihre eigenen, autonomen Methoden, mittels welcher sie auch den besagten Wissenschaften gute Dienste leistet.<sup>1</sup>

Es ist nicht meine Absicht, an dieser Stelle alle diese Methoden zu besprechen, noch zu zeigen, inwieweit es bis jetzt gelungen ist, seismische Erscheinungen durch allgemeine mathematische Ausdrücke und übersichtliche Diagramme darzustellen. Ich will lediglich die Endresultate anführen, insofern mir dieselben nötig sein sollten, um die Darstellungsweise der makroseismischen

<sup>1</sup> *Seismonomia*, scripsit R. DE KÖVESLIGETHY, publicandam curavit Societas Seismologica Italica. — Modena 1906.

Erscheinungen zu veranschaulichen, zu der ich durch das Studium der in Serbien beobachteten Erdbeben gelangt bin, und die dem genannten Zwecke am besten zu entsprechen scheint.

Die seismologischen Untersuchungen werden entweder auf geologischer oder auf mathematisch-physikalischer Grundlage ausgeführt, oder sie beruhen auf rein statistischer Grundlage.

Die Art der Darstellung makroseismischer Phänomene, die ich hier vorzuführen wünsche, gehört zu der an zweiter Stelle aufgeführten, nämlich mathematisch-physikalischen Richtung der seismologischen Arbeiten. Um die Methode der Arbeit selbst deutlicher zur Anschauung zu bringen, will ich beispielsweise den seismischen Charakter eines der aktivsten Erdbebengebiete in Serbien, nämlich des Moravaer Gebietes, näher besprechen, das nach dem Moravaflusse, der es durchfließt, benannt wurde. Zu dieser Art der Forschung ist es unumgänglich notwendig, das erforderliche Material bloss aus systematisch gesammelten Daten zu schöpfen, und zwar auf breiterer, den ganzen Staat umfassender Grundlage. Derartiges Material fand ich im Geologischen Institute der Belgrader Universität für die Zeit von 1893 bis heute, was eine Periode von 18 Jahren ergibt. Meine Betrachtungen will ich mit dem 12. März 1893 beginnen, an welchem Tage das erste Erdbeben aufgezeichnet wurde, und mit dem 25. März 1911 schliessen, als dem Tage, da das letzte Beben, welches noch in den Kreis dieser Betrachtung gezogen werden konnte, konstatiert wurde. Vor dieser Zeit hatte in dem besagten Schüttergebiete der seismische Stillstand eine Dauer von 33 Jahren. In dieser Abhandlung sollen vorerst die *seismischen Perioden* im genannten Gebiete, wie ich sie auffasse, besprochen werden, um nachher das neue makroseismische Element, das ich mit dem Namen „*seismische Aktivität der Periode*“ bezeichnet habe, näher zu erklären.

## I. Seismische Perioden.

Die Wiederkehr der Erdbeben in irgend einem Gebiete, samt den zwischen denselben vorkommenden Ruhepausen, ist als eine Reihe unmittelbar aufeinanderfolgender Phasen einer und derselben Naturerscheinung aufzufassen, welche dem ständigen Prozesse noch nicht beendigter Dislokationen unterworfen ist, weshalb dieselbe in ihrer Gesamtheit beurteilt werden muss. Von diesem Standpunkte ausgehend, betrachte ich das erwähnte Moravatal als ein Gebiet, wo von Zeit zu Zeit, und zwar entweder an einzelnen Tagen, oder in einer ganzen Reihe von Tagen, seismische Bewegungen sich kundgeben und auf diese Weise kürzere oder längere *seismische Perioden* bilden. Diese Perioden werden durch eine kürzere oder längere Reihe von völlig erdbebenfreien Tagen unterbrochen und bilden dadurch Perioden seismischen Stillstandes. Die Perioden der Bewegungen nenne ich *aktive Perioden*, und jene der Ruhe *nichtaktive Perioden*.

Hierzu veranlasste mich auch die festgestellte Tatsache, dass die Erdbebenerscheinungen unabhängig von der kalendermässigen Zeiteinteilung sich vollziehen. Als Masstab für die Dauer einer Periode gebrauche ich die Zeit einer Erdrotation, d. h. 24 Stunden. Aktive und nichtaktive Perioden wechseln miteinander ab, weshalb ich dieselben durch Ordnungszahlen bezeichnen will. Die Betrachtung nimmt mit der ersten nichtaktiven Periode ihren Anfang (Nr. 1) und endet mit der letzten nichtaktiven Periode (Nr. 299). Demnach erscheinen die nichtaktiven Perioden durch ungerade, die aktiven dagegen durch gerade Ordnungszahlen gekennzeichnet. Jedoch habe ich in einer abgesonderten Rubrik auch die Kalender-Merkmale aufgezeichnet, damit die Perioden leichter verfolgt und kontrolliert werden können. Während der angeführten 7551 Tage haben sich 297 Perioden bemerkbar gemacht, wovon 150 auf nichtaktive, und 149 auf aktive entfallen.

### A) Nichtaktive Perioden.

Die nichtaktiven Perioden zeigen eine sehr verschiedene Zeitdauer. Es gibt darunter solche von eintägiger (22 Per.), zweitägiger (5 Per.), dreitägiger (6 Per.), viertägiger (13 Per.), fünftägiger (7 Per.), sechstägiger (6 Per.), siebentägiger (5 Per.), achttägiger (5 Per.), neuntägiger (1 Per.), zehntägiger (2 Per.), elftägiger (3 Per.), zwölftägiger (3 Per.), dreizehntägiger (3 Per.), vierzehntägiger (1 Per.),

15tägiger (3 Per.), 16tägiger (1 Per.), 18tägiger (5 Per.), 19tägiger (3 Per.), 20tägiger (1 Per.), 21tägiger (1 Per.), 23tägiger (2 Per.), 24tägiger (4 Per.), 26tägiger (1 Per.), 27tägiger (2 Per.), 28tägiger (3 Per.), 30tägiger (2 Per.), 32tägiger (1 Per.), 34tägiger (1 Per.), 35tägiger (2 Per.), 36tägiger (1 Per.), 37tägiger (1 Per.), 38tägiger (1 Per.), 41tägiger (2 Per.), 42tägiger (1 Per.), 43tägiger (1 Per.), 44tägiger (2 Per.), 46tägiger (1 Per.), 52tägiger (2 Per.) Dauer, und je 1 Periode von 54, 55, 59, 62, 64, 67, 68, 78, 86, 96, 100, 101, 115, 120, 127, 146, 150, 154, 162, 179, 239, 452, 485, 546, 734 und 1137 Tage. Die Mehrzahl der kurzen, nichtaktiven Perioden weisen auf eine stärkere seismische Unruhe hin. Innerhalb der Serie von 148 nichtaktiver Perioden sind eben diejenigen am häufigsten vertreten, welche nur wenige Tage dauern. Hieraus kann man schliessen, dass der Erdboden dieses Gebietes seismisch ziemlich unruhig ist. Längere nichtaktive Perioden sind äusserst selten, da unter den über 60 Tage dauernden je nur eine derartige vorkommt. Besonders springt die nichtaktive Periode Nr. 1 in die Augen, welche 1137 Tage (vom 1. Dezember 1889 bis 11. März 1893), Nr. 127, welche 734 Tage (vom 28. September 1897 bis 1. Oktober 1899), Nr. 129, welche 546 Tage (vom 3. Oktober 1899 bis 1. April 1901), Nr. 149, welche 485 Tage (vom 10. August 1902 bis 18. Dezember 1903), Nr. 123, welche 452 Tage (vom 21. Januar 1896 bis 16. April 1897) dauerte.

#### B) Aktive Perioden.

Zum Zwecke der Beurteilung des Charakters einer aktiven Periode machen sich zwei Gruppen von Elementen geltend: *quantitative* und *qualitative*. Als quantitative Elemente bezeichne ich diejenigen, die sich als messbare, durch Rechnung genau darstellbare Grössen offenbaren, während ich als qualitative diejenigen betrachte, welche das Charakterbild der Perioden vervollständigen, jedoch solcher Natur sind, dass man sie nicht genau zu messen vermag, teils weil nicht alle zu ihrer Messung nötigen bekannten Faktoren vorhanden sind, teils weil zu einer solchen Messung das zuverlässige Unterscheidungsmerkmal fehlt.

Quantitative Elemente unterscheide ich zweierlei: *absolute*, die aus statistischen Übersichten gewonnen werden, und *relative*, die durch Kombinationen aus den ersteren abgeleitet werden. Als absolute Elemente sehe ich an: die *Dauer* der Periode, in Tagen ausgedrückt; die Anzahl der abgesonderten, in der betreffenden Periode konstatierten Erschütterungen; endlich die *Intensität* jeder einzelnen Erschütterung. Als relative Elemente betrachte ich: die *mittlere Häufigkeit* der Erschütterungen während jeder Periode, sowie die *mittlere Intensität* derselben.

Zu den qualitativen Elementen gehören: die *Oberfläche*, die während einer Periode erschüttert wird; die durch den seismischen Stoss selbst *hervorgebrachte Wirkung* auf den Erdboden, die Gebäude, die Bewohner, das Wasser; endlich die bei seismischen Bewegungen gewöhnlich vorkommenden *akustischen Erscheinungen*.

##### 1°. Die quantitativen Elemente:

Die *Dauer der Periode* ist im allgemeinen sehr verschieden. Die aktiven Perioden zeigen trotzdem keine so grosse Mannigfaltigkeit, wie die nichtaktiven Perioden. In ihrer Serie von 149 Perioden gibt es davon im ganzen 9 Gruppen. Es kommen darunter Perioden vor, welche je einen Tag (111 Per.), zwei Tage (26 Per.), drei Tage (5 Per.), vier Tage (1 Per.), fünf Tage (1 Per.), zehn Tage (1 Per.), dreizehn Tage (2 Per.) und 26 Tage (1 Per.) dauern.

Die *Anzahl der Erschütterungen* in einer Periode ist für die Beurteilung der Beunruhigung des Erdbodens während einer seismischen Bewegung sehr charakteristisch. Dem Hauptstosse geht gewöhnlich eine kurze Reihe schwächerer, bisweilen gar nicht bemerkbarer Stösse voran, nach dem Hauptstosse werden jedoch auch Nachtragsbeben von verschiedener Stärke immer häufiger, sei es im Laufe eines und desselben Tages, sei es im Laufe mehrerer aufeinander folgender Tage der betreffenden Periode. Aber auch diese Anzahl der abgesonderten Erschütterungen, sowie die Zahl der einer Periode angehörenden Tage selbst zeigt, wie bekannt, eine sehr grosse Abwechslung (in diesem Falle zwischen 346 und 1), so dass weder an der blossen Zahl der Erschütterungen, noch an der Dauer der Periode, der seismische Charakter der letzteren deutlich genaug zu erkennen ist.

Die *Intensität* einer jeden Erschütterung charakterisiert vornehmlich die einzelnen Erschütterungen selbst. Sie ist für die Beurteilung der qualitativen Elemente irgendeiner Periode oder einzelner Erschütterungen massgebend. Die Intensität wird nach der *CANCANISCHEN* Skala in Graden von I—XII bestimmt.

Die *mittlere Häufigkeit* der in einer Periode vorkommenden Erschütterungen wird durch den Quotienten aus der absoluten Anzahl der Erschütterungen in einer Periode und der Dauer der letzteren erhalten. Der kleinste Wert dieser Grösse ist die *Einheit* (wenn die Zahl der Erschütterungen der Tagesanzahl gleichkommt). In ähnlicher Weise kann man bezüglich der nichtaktiven Perioden annehmen: dass sie aktive Perioden sind, deren mittlere Häufigkeit gleich Null ist (als Quotient aus der unendlich kleinen Anzahl von Erschütterungen — Periode des Stillstandes — und der Dauer der Periode). Diese Grösse kann als Masstab zur übersichtlicheren Beurteilung des Unruhezustandes einer Periode dienen; denn die Bewegtheit wird jedenfalls in dem Falle grösser sein, wenn während einer kürzeren Periodendauer sich eine erheblichere Anzahl abgesonderter Erschütterungen kundgibt.

Die *mittlere Intensität einer Periode* repräsentiert den mittleren Wert aller einzelnen Erschütterungen in dieser Periode. Weil aber dabei die stärkeren Stösse, die durch eine geringere Anzahl derselben, oft durch einen einzigen, vertreten sind, in ihrem mittleren Werte durch eine grössere Anzahl schwächerer Erschütterungen maskiert zu werden pflegen, so habe ich nebst dem Werte der mittleren Intensität auch noch die extremen Stärken: die grösste und die kleinste (Tab. I, Kol. 7 und 8) angeführt.

2°. Die qualitativen Elemente:

Die *Oberfläche*, auf welcher eine Erschütterung wahrgenommen wurde, sollte eigentlich in die Gruppe der quantitativen Elemente eingereiht werden; denn es kann füglich angenommen werden, dass die seismische Unruhe grösser sein müsse, wenn die Erschütterung eine grössere Oberfläche umfasst, und umgekehrt. Indessen habe ich dieses Element dennoch als qualitatives aufgefasst, da seine Grösse, die von vielen unerforschbaren Faktoren abhängt, nicht genau bestimmt werden kann. Ebensowenig kann die Oberfläche des Terrains selbst, wo eine Erschütterung bemerkt wurde, für jede einzelne Erschütterung genau bestimmt werden, da dies folgende Umstände erschweren:

1. Die Organisation der Erdbebenforschung ist nicht in allen Staaten gleichförmig durchgeführt, weshalb es unmöglich ist starke Beben, bei denen die äussersten Grenzen sinnlicher Wahrnehmung über verschiedene politische Territorien sich erstrecken, näher zu bestimmen.

2. Diese Unmöglichkeit wird noch dadurch vergrössert dass die Grenzen der Erschütterung sich über die Oberfläche des Meeres fortpflanzen, oder auch über solche Teile des Festlandes, welche schwächer bevölkert sind, oder deren Bevölkerung sich auf einer niedrigen Kulturstufe befindet.

3. Bei örtlichen Erschütterungen, die nur an einem Orte bemerkt werden, kann die Grösse der erschütterten Oberfläche ebensowenig dargestellt werden.

4. Die Grösse der beunruhigten Oberfläche hängt zum grossen Teile von der Beschaffenheit des petrographischen Materials in jenem Teile der Erdoberfläche ab, über den sich die Erschütterung erstreckt. Das erwähnte Material ist im allgemeinen ungleichartig, der Widerstandskoeffizient unbekannt, und eben diese zwei Faktoren sind bekanntlich auch für die Grösse der erschütterten Oberfläche selbst massgebend. Von zwei Erschütterungen, welche die nämliche Intensität haben, wird diejenige eine grössere Erschütterungsoberfläche einnehmen, wo das Terrain zufällig einen geringeren Widerstandskoeffizienten besitzt.

Selbst den Fall angenommen, dass es möglich wäre, die Grösse der erschütterten Oberfläche genau zu bestimmen, und dass der Widerstandskoeffizient des verschiedenartigen petrographischen Materials auf der betreffenden Oberfläche genügend bekannt ist, so wäre dies noch immer kein richtiger Masstab für die Grösse der Erschütterung, und zwar aus folgenden Gründen:

5. Die Erschütterungen haben in grossen Tiefen ihren Ursprung. Bevor die Erdbebenwellen sich an der Oberfläche fühlbar zu machen beginnen, pflanzen sich dieselben durch Erdschichten von verschiedenster Dichte und von mannigfaltigstem Material fort. Diese Verhältnisse sind gänzlich

unbekannt, weshalb es umsoweniger möglich ist, den Koeffizienten des Widerstands zu ermitteln und demnach auch die wahre Grösse der erschütterten Oberfläche genau darzustellen.

6. Allein, selbst vorausgesetzt, dass alle diese Faktoren bekannt sind, so bleibt dessenungeachtet die Tiefe des Hypozentrums selbst unbekannt. Aus diesem Grunde kann der genaue Kubikinhalte und daher auch das Gewicht des erschütterten Stückes der Erdrinde, welches der um das Epizentrum gelegenen, genau bestimmten Oberfläche entspräche, nicht genau fixiert werden. Dies wäre sogar in dem Falle unmöglich, wenn das erwähnte Stück der Erdkruste homogener Natur wäre oder seine Heterogenität mathematisch dargestellt werden könnte; wenn ferner das Hypozentrum nur ein Punkt und die wahre Intensität des Stosses im Hypozentrum selbst bekannt wäre. Da jedoch das Hypozentrum in Wirklichkeit eine grosse Oberfläche von unbekanntem Dimensionen, bisweilen sogar ein Stück der Erdrinde selbst von gleichfalls unbekanntem Dimensionen repräsentiert (wie dies beispielsweise bei der berüchtigten Erdbebenkatastrophe von Assam am 12. Juni 1897 der Fall war) — so werden auch die Schwierigkeiten bei der Bestimmung des eigentlichen Kubikinhaltes des erschütterten Teiles immer verwickelter, wodurch auch ihre Ermittlung fast zur Unmöglichkeit wird.

An und für sich betrachtet sind die Grössen: Verschiedenartigkeit des petrographischen Materials, Menge der einzelnen petrographischen Arten in einem gegebenen Rauminhalt, Widerstandskoeffizient jeder einzelnen Art, Tiefe des Hypozentrums, endlich Kubatur und Gewicht des erschütterten Erdrindenstückes, worin die Energie eines Erdbebenstosses sich abspiegelt — durchaus keine unmessbaren Grössen, sondern solche, deren Bestimmung durch physische (materielle) Hindernisse unmöglich gemacht wird.

Die soeben aufgezählten Übelstände sind es also, welche die Einreihung des besprochenen Elementes — die erschütterte Oberfläche — in die Gruppe der qualitativen Erdbebenelemente notwendig machen. Indessen tritt als *allgemeine Resultante aller jener unbekanntem Kräfte* einzig und allein die zu den quantitativen Elementen gehörende *Intensität* der auf der Oberfläche konstatierten Erschütterungen hervor.

Die *Folgen des seismischen Stosses*, die sich auf dem Terrain, an den Gebäuden, auf dem Wasser und bei den Einwohnern äussern, sind so verschiedenartig und hängen von so zahlreichen Bedingungen ab, dass es nahezu unmöglich ist, irgend eine Uniformität bei ihrer Betrachtung einzuführen. Dieselben gehören zu jener Gruppe von Erscheinungen, bei deren Betrachtung kein zuverlässiges Kriterium angewandt werden kann. Der Erdboden birst nach Linien (eigentlich: Flächen) des geringsten Widerstandes, der je nach der Beschaffenheit des Terrains sehr verschieden sein kann, schon aus Gründen, die ich vorhin angeführt habe. Gebäude stürzen bisweilen auch bei schwächeren Erschütterungen ein, wenn sie aus schlechtem Baumaterial bestehen; wenn sie durch langjährige Benützung derart baufällig geworden sind, dass sie auch ohne Erschütterungen dem Einsturze nahe waren, oder wenn sie auf nicht genügend festem Baugrund ruhen; die Grösse des Schadens hängt jedoch bei all dem auch von der Dichte der Bevölkerung usw. ab. Die Oberfläche der Ozeane wird manchmal auch durch schwächere Erschütterungen in Unruhe versetzt, wodurch Überschwemmungen in den Ufergegenden verursacht werden, selbst wenn keine makroseismischen Erscheinungen auf dem Festlande wahrgenommen werden. Die Bevölkerung wird bei schwächeren, aber sehr rasch aufeinander folgenden Erschütterungen gewöhnlich stärker beunruhigt, besonders wenn letztere nach einem heftigeren Stosse eintreten. Diese Angst hat ihren Grund nicht so sehr in der Stärke der nachträglichen Stösse, als in der Besorgnis, es könnte eine stärkere Erschütterung sich wiederholen. Aber auch diese Ängstigung ist ganz anderer Natur in Gegenden, wo eine grosse seismische Unruhe herrscht, als in denjenigen, wo die Erschütterungen zu den Seltenheiten gehören usw.

Die *akustischen Erscheinungen* sind für den Charakter einer aktiven Periode von untergeordneter Bedeutung. Unterirdisches Dröhnen ist in der Regel von seismischen Bewegungen begleitet, bleibt jedoch zuweilen selbst bei den stärksten Beben völlig aus. Es kommt aber auch vor, dass unterirdisches Getöse ganz allein, ohne irgend welche merkliche Erschütterung vernommen



wird (Brontiden, Mistpoeffers), und ist in dieser Form für die Tektonik einzelner Gebiete sehr charakteristisch, indem es wahrscheinlich nahe mikroseismische Bewegungen auf den seismogenen Linien (Flächen) verrät. Die den Brontiden entsprechenden Ziffern sind in der Tabelle in Klammern eingeschlossen.

\*

Um die Beschreibung des Charakters jeder einzelnen, aktiven sowie nichtaktiven Periode zu vermeiden, will ich hier bloss die am meisten charakteristischen unter denselben hervorheben, da ich die Charakteristik aller übrigen in der hier als Beilage befindlichen Tabelle I übersichtlich dargestellt habe.

Aus dieser Tabelle ist zu ersehen, dass die an vereinzelt Tagen vorgekommenen Erdbeben die weitaus häufigsten sind. Eine energischere seismische Wirksamkeit ist jedoch imstande, eine durch längere Zeit andauernde Störung des Gleichgewichtes in einzelnen Stücken der Erdkruste hervorzubringen, die zu ihrer Beruhigung bald längerer bald kürzerer Zeitperioden bedarf. Solche Erscheinungen pflegen nach sehr starken, verhängnisvollen Erdstössen oder nach solchen, die diesen an Intensität am meisten nahekommen, einzutreten.

Eine von den selteneren aktiven Perioden ist die unter Nr. 8 bezeichnete. Sie währte 26 Tage und wies 346 separate Beben, sowie 10 abgesonderte Brontiden (im April 1893) auf. Durchschnittlich entfielen auf jeden Tag 13·7 abgesonderte seismische Erscheinungen, bei einem Tagesmaximum von 48 und einem Tagesminimum von 6 Erschütterungen. Mit Rücksicht auf alle diese Umstände trug diese Periode deutlich den Charakter eines verhängnisvollen Phänomens.

Als zweite und dritte beachtenswerte aktive Perioden sind die unter Nr. 10 und Nr. 12 angeführten hervorzuheben. Sie sind in der Tat bloss eine Fortsetzung der Periode Nr. 8, da sie nach je einer eintägigen Unterbrechung eingetreten waren, so dass die erste 13, die zweite 10 Tage gedauert und 44, resp. 52 abgesonderte, ziemlich starke seismische Erscheinungen gezeigt hatte. Mit Rücksicht auf ihren nach so kurzen Ruhepausen erfolgten Eintritt können sie im ganzen als wirkliche Teile der vorhergegangenen aktiven Periode (Nr. 8) betrachtet werden. Demgemäss geht jene denkwürdige Periode von 26 Tagen mit ihren 356 seismischen Erscheinungen in eine noch längere Periode von 51 Tagen mit 452 abgesonderten seismischen Erscheinungen über. Sie erschütterte ganz Serbien (wo sich auch ihre Pleistoseiste befand<sup>1</sup>), Mazedonien, Alt-Serbien, Bulgarien, Rumänien, Bosnien und die Herzegovina, Syrmien, das Banat, die Bácska, Slavonien, Kroatien, Ungarn und Österreich bis nach Wien hin. Durchschnittlich gab es täglich 8·9 Erschütterungen, usw.

## II. Seismische Aktivität der Perioden.

Für die Vergleichung von Erdbeben untereinander wurde bisher noch keine Norm festgesetzt, nach welcher ein Stoss oder eine Reihe von Stössen irgendeines Erdbebens durch Zahlen dargestellt werden könnte. Da die seismische Unruhe hauptsächlich durch die Zeit, während welcher die Stösse sich wiederholen, sowie die Zahl der abgesonderten Stösse und ihre Intensität gekennzeichnet wird, so stösst man auch bei ihrer graphischen Darstellung auf grosse Schwierigkeiten, wenn mehrere Elemente, also im allgemeinen mehr als zwei, vorliegen, die nach Ordinate und Abszisse, mithin nach zwei Richtungen hin, zur Darstellung gelangen sollen. Bei dieser Darstellung wird auf verschiedene Weise vorgegangen. Einige zogen es vor, durch die Häufigkeit der Erschütterungen die seismische Unruhe eines Ortes oder eines Gebietes darzustellen, indem sie dabei die Intensität gänzlich vernachlässigten. Andere legten wiederum grösseres Gewicht darauf, die seismische Unruhe durch die Intensität, mit Ausserachtlassung der Zahl der Stösse, zum Ausdruck zu bringen.

<sup>1</sup> Dr. S. RADOVANOVIĆ: Angaben über Richtung und Stärke der Haupterschütterungen in der Pleistoseiste (Denkschrift der Kön. Serb. Akademie d. Wissenschaften, XXXII, 1896, Belgrad).

Indessen hat V. UHLIG<sup>1</sup> den Versuch gemacht, die Darstellung aller drei erwähnten Grundelemente in einem und demselben Diagramme zu vereinigen. Dies führte er folgendermassen aus: auf der (die Zeit darstellenden) Abszisse setzte er in den Punkten des entsprechenden Datums die Erschütterungen, deren Intensität er durch die Länge, ihre Anzahl aber durch die Dicke der Ordinate selbst bezeichnete. Demnach besitzen die dem Datum, also gleichen Zeitabschnitten entsprechenden Teile der Abszissen nicht alle die gleiche Länge; was davon abhängt, ob an einem gewissen Tage die Zahl der Stösse grösser oder kleiner war. Dies könnte wohl bis zu einem gewissen Grade zweckdienlich sein, wenn es sich um eine geringe Anzahl von Stössen an einem Tage handelte; aber selbst in diesem Falle wäre es nicht immer möglich, aus der Dicke der Ordinate die Anzahl der Stösse genau herauszulesen. In Fällen jedoch, wo einzelne Tage oder Perioden eine grössere Anzahl von Stössen aufweisen, ist jene Darstellungsweise fast unbrauchbar. Aus den erwähnten Gründen ist letztere nicht für jeden einzelnen Fall anwendbar; wäre dies aber auch der Fall, so böte sie lediglich ein Diagrammbild für die betreffende Erdbebenperiode, keineswegs aber einen Zahlenwert, weshalb die Möglichkeit einer Vergleichung und Erörterung derselben ganz ausgeschlossen ist.

Andererseits bringt auch M. DE BALLORE<sup>2</sup> eine Methode zur Anwendung, um die seismische Unruhe sowohl rechnermässig als auch graphisch darzustellen. Zu diesem Behufe hat er einen neuen Ausdruck „Seismizität“ ( $S$ ) eingesetzt, durch welchen in Kilometern die Breite, beziehungsweise Länge jenes Quadrates ausgedrückt wird, auf welches jährlich je eine Erschütterung innerhalb eines gewissen Gebietes ( $A$ ) entfällt, indem man aus der Anzahl der Erschütterungen ( $n$ ) für eine gewisse Anzahl von Jahren ( $p$ ) und der Quadratur des fraglichen Gebietes (in km) berechnet, wieviel Quadratkilometer einer Erschütterung entspricht; dies alles jedoch unter der Voraussetzung: dass auf der ganzen Oberfläche ( $A$ ) die Erdbeben sowohl dem Raume als der Zeit nach gleichmässig verteilt sind. Zu dieser Grösse gelangt man mittels der Formel:  $S = \sqrt{\frac{n \cdot A}{p}}$

Aber auch dieser Darstellungsweise mangelt es an hinreichender Genauigkeit, da zunächst kein bestimmtes Kriterium für die wirklichen seismischen Grenzen der Oberflächen ( $A$ ), welche als Grundlage zu dienen hätten und deren Seismizität zu berechnen wäre, vorhanden ist. Ausserdem hat das Bild ein zu schematisches Aussehen und nähert sich um so mehr der Wirklichkeit, je geschickter bei der Auswahl jener Oberflächen ( $A$ ) vorgegangen wird. Dies veranlasste auch M. DE BALLORE selbst, eine andere Methode einzuführen, wonach die Anzahl der Erschütterungen in jedem einzelnen Orte, ohne irgendwelche Verallgemeinerung, durch Kreise relativer Grössen dargestellt wird. Diese Methode ist zur kartographischen Darstellung der Seismizität der einzelnen Gebiete vorzüglich geeignet. Allein auch die beiden letzterwähnten Methoden können weder zur Darstellung durch Diagramme, noch zur ziffermässigen Kennzeichnung der seismischen Unruhe angewandt werden.

Desgleichen hat auch PROF. DR. F. A. FOREL einen Ausdruck eingesetzt, den er mit dem Namen „seismischer Wert des Erdbebens“ bezeichnete. Demnach teilt er die Erdbeben je nach der Grösse des vom Hauptstosse eingenommenen Raumes in fünf Klassen ein. Wenn man die schwachen Erschütterungen ( $n$ ), hierauf jene von mittlerer Stärke ( $n'$ ) und die sehr starken ( $n''$ ) ausscheidet und die Intensität des Hauptstosses ( $I$ ) in Anschlag bringt, so wird der seismische Wert eines derartigen Erdbebens durch die Formel:  $V = I \times E + n + 2n' + 3n''$  ausgedrückt, wo  $E$  die Klassenzahl des betreffenden Bebens (von 1 bis 5) repräsentiert.

Ogleich dieser Wert rein empirischer Natur ist, so ist er doch für die ziffermässige Darstellung einzelner Beben, somit auch für die Herstellung ihres Diagrammbildes von grosser praktischer Bedeutung. Derselbe repräsentiert jedoch bloss einen einzigen, u. zw. einen summarischen Wert für jedes einzelne, als ein Ganzes betrachtete Erdbeben, so dass daraus nicht entnommen

<sup>1</sup> V. UHLIG: Bericht über die seismischen Ereignisse des Jahres 1900 in den deutschen Gebieten Böhmens. (Mitteilungen der Erdbebenkommission der k. Akad. der Wissensch., Nr. III. Neu Folge.) Wien, 1901.

<sup>2</sup> F. DE MONTESSUS DE BALLORE: Introduction à un essai de description sismique du globe et mesure de la Sismicité. (Gerland's Beiträge zur Geophysik, IV. Bd.) Leipzig, 1900.

werden kann, wie sich ein Erdbeben, welches häufig aus einer ganzen Reihe von Erdbebenperioden besteht, allmählich entwickelt habe. Von dem Werte jeder einzelnen Erschütterung, ebenso von ihrer Aufeinanderfolge ist daher absolut nichts bekannt, und gerade dies ist das wichtigste Moment zur Beurteilung des seismischen Charakters, sei es einer Gegend überhaupt, sei es eines bestimmten Schüttergebietes.

Wie nun aus allem bisher Angeführten zu ersehen ist, bietet keine einzige von den erwähnten Darstellungsweisen ein wahrheitsgetreues Bild alles dessen, was den Charakter seismischer Erscheinungen, sowohl vom rein physischen als auch vom praktischen Standpunkte aus betrachtet, zu bekunden vermag. Da mir im Geologischen Institute reichliches Material zur Verfügung steht, so dachte ich darüber nach, wie es möglich wäre, die Energie einer jeden Erdbebenperiode so darzustellen, dass sie den Grundcharakter der seismischen Tätigkeit in sich trage, zumal mir für die Fälle, wie ich in Serbien konstatiert hatte, die bisherige Darstellungsweise nicht genüge.

Ich musste mich dabei, aus oben erwähnten Gründen, lediglich auf die quantitativen Elemente beschränken, und gelangte auf diese Weise zu dem Beschlusse, ein neues makroseismisches Element einzusetzen, das ich mit dem Namen: „*seismische Aktivität der Periode*“ bezeichnete und dessen Wesen und Bedeutung in folgendem besteht:

Es ist leicht einzusehen, dass für die seismische Aktivität einer Periode von Bedeutung sind:

a) Die *Zeitdauer*, als veränderliche Grösse, da, unter sonst gleichen Bedingungen, eine Periode umso aktiver erscheinen wird, je länger sie dauert.

b) Die *Anzahl der Erschütterungen* innerhalb einer Periode, als veränderliche Grösse, indem, unter sonst gleichen Umständen, die Aktivität der Periode desto grösser sein muss, eine je grössere Anzahl der Erschütterungen dieselbe zeigt.

c) Die *Intensität der Erschütterungen* innerhalb einer Periode, als veränderliche Grösse, weil auch hier unter sonst gleichen Bedingungen, jede Periode für umso aktiver gelten wird, eine je grössere Intensität ihre Erschütterungen zeigen.

Für die Richtigkeit einer solchen Auffassung sprechen zahlreiche Analogien aus der Mechanik und Physik.

Als das eine Element für die Grösse der Aktivität einer gewissen Periode nehme ich die *mittlere tägliche Häufigkeit der Erschütterungen* ( $F$ ) in derselben an, also den Quotienten aus der absoluten Zahl der Erschütterungen während der fraglichen Periode ( $n$ ) und ihrer Zeitdauer ( $d$ ); es ist also:  $F = \frac{n}{d}$ .

Als zweites Element gebrauche ich die *mittlere Intensität der Erschütterungen* ( $i$ ) innerhalb der Periode, also den Quotienten aus der Summe der Intensitäten der einzelnen Erschütterungen während dieser Periode ( $\Sigma I$ ) und der absoluten Zahl der Erschütterungen in derselben ( $n$ ), mithin  $i = \frac{\Sigma I}{n}$ .

In Anbetracht der Art und Weise, wie die seismischen Erschütterungen hinsichtlich ihrer Energie aufgefasst werden, sowie mit Rücksicht auf die zahlreichen Analogien im Bereiche der Mechanik und Physik, muss man annehmen, dass die seismische Tätigkeit („Aktivität“) einer Periode ( $A$ ) eine Funktion zweier Elemente sei: der mittleren täglichen Häufigkeit der Erschütterungen in der betreffenden Periode ( $F$ ) und der mittleren Intensität der Erschütterungen in derselben ( $i$ ) d. i.  $A = f(F, i)$ , und zwar ist es eine solche Funktion, dass:  $A = F \cdot i \cdot C$  ist.

Demgemäss zeigt eine Periode eine grössere seismische Aktivität: wenn sie entweder eine grössere durchschnittliche Häufigkeit der Erschütterungen, oder eine grössere durchschnittliche Intensität derselben zeigt, oder aber, wenn beide Elemente eine Steigerung erfahren; im entgegengesetzten Falle wird die Aktivität eine geringere sein.

Um die seismische Aktivität der einzelnen Erdbebenperioden völlig einförmig gestalten zu

können, will ich sie mit der Aktivität eines fingierten Erdbebens vergleichen, dessen Elemente so gross sind, dass  $A = 1$  ist.

Zu diesem Zwecke nehme ich eine Konstante ( $C$ ) von konventionellem Werte an, wobei ich wegen grösserer Übersichtlichkeit der Rechnungsoperationen sowie behufs eventueller Reduktionen voraussetze, dass  $C = \frac{1}{100}$  ist.

Wenn ich nun auf dieser Grundlage die seismische Aktivität der einzelnen Erdbebenperioden zur Darstellung bringe, so erhalte ich Werte, die hier abgesondert in Tabelle II verzeichnet, sowie mittels eines beigeschlossenen Diagramms versinnlicht erscheinen.

Diese Methode ist namentlich zur Darstellung der seismischen Aktivität eines abgesonderten tektonischen Ganzen geeignet, in dem so abgesonderte Schüttergebiete und Perioden, unabhängig von Erschütterungen oder Ruhezuständen anderer nahegelegener Gebiete, zur Entwicklung gelangen. Auf diese Weise kann auch die seismische Aktivität einzelner seismogener Linien innerhalb der Schüttergebiete am leichtesten dargestellt werden.

### III. Schlussfolgerung.

Durch vergleichende Betrachtung der oben erwähnten Elemente gelangt man zu folgenden Ergebnissen:

1. Die seismischen Erscheinungen einzelner Gebiete können in Serien aktiver Perioden von verschiedener Zeitdauer erforscht werden, denen nichtaktive Perioden, von gleichfalls verschiedener Dauer, vorausgehen oder nachfolgen.

2. Die Dauer und die Kalenderzeit aktiver und nichtaktiver Perioden sind im allgemeinen nicht isochron in allen Gebieten auf der ganzen Erdoberfläche; aber bei näherer Betrachtung dieser Perioden erhält man das klarste Bild der seismischen Unruhe einzelner Gebiete, indem man jedes der letzteren als ein grösseres oder kleineres Ganzes ansieht.

3. Zur Beurteilung der innerhalb einer Periode herrschenden seismischen Unruhe muss ein neues makroseismisches Element hinzugefügt werden, nämlich: die *seismische Aktivität*, als Produkt aus der mittleren Häufigkeit der Erschütterungen in einer Periode, ihrer mittleren Intensität, sowie einer beliebigen Konstante.

4. Es wäre sehr zweckmässig, wenn in den Wert für die seismische Aktivität — nebst den bereits erwähnten Faktoren: der mittleren Häufigkeit, der mittleren Intensität und jener Konstante — als neuer Faktor auch noch die Grösse der erschütterten Oberfläche, oder, noch besser, die gesamte Kubatur des erschütterten Teiles der Erdkruste eingesetzt werden könnte. In diesem Falle würde man den genauesten Wert und das deutlichste Bild der einzelnen Stösse und Erdbeben erhalten.

5. Es ist bis jetzt noch nicht gelungen, ein mathematisches Kriterium ausfindig zu machen, um die qualitativen Elemente (die Folgen der Erdstösse) in den mathematischen Ausdruck für die Erdbebenenergie einzusetzen.

6. Die seismische Aktivität kann auch nach einzelnen seismogenen Linien in den Schüttergebieten, unabhängig von anderen, benachbarten, seismisch aktiven Gebieten und deren seismogenen Linien betrachtet werden, falls jede einzelne für sich, oder sogar deren mehrere gleichzeitig tätig sind.

7. In den Reihen aktiver und nichtaktiver Perioden äussert sich das Prinzip des Beharrungsvermögens, sowohl während der starken Entwicklung der Energie als auch zur Zeit der Beruhigung und des Stillstandes.

8. Die Werte der seismischen Aktivität für gewisse entferntere Perioden (Nr. 8, Nr. 84, Nr. 158) weisen auf die maximalen Entwicklungen der seismischen Energie hin; die Maxima nehmen hier jedoch immer mehr ab. Dies könnte zur Schlussfolgerung führen: dass die seismische Aktivität eines Gebietes, von einem Hauptmaximum ausgehend und eine Reihe sekundärer Maxima durchwandernd, allmählich nachlässt, bis das Gleichgewicht in den bewegten Stücken der Erdrinde vollkommen wiederhergestellt wird. Während dieser allmählichen Beruhigung kommen bisweilen neue,

stärkere Stösse vor, als eine Folge der Senkung kleinerer Stücke der Erdkruste, bis endlich vollständiger Stillstand eintritt, der sodann sehr lange, nicht selten Hunderte von Tagen und darüber, dauern kann, wie dies aus dem beigeschlossenen Diagramme ersichtlich ist.

9. Die Zwischenzeit zwischen den Hauptmaxima, sowie zwischen den sekundären Maxima, kann nicht festgestellt werden, da die Reihe von Jahren, während welcher eine systematische Sammlung des seismischen Materials vorgenommen wurde, für die Erfordernisse dieses Problems allzu kurz ist.

## Anhang.

### Erklärung der Tabellen und Diagramme.

#### *Tabelle I.*

In diese Tabelle wurden alle Perioden, *aktive* wie *nichtaktive*, aufgenommen, und zwar so, wie sie im Verlaufe von 6414 Tagen, d. i. vom 12. März 1893 bis einschl. 25. März 1911, aufeinander folgten (Rubrik 1 und 2). Für jede Periode ist ihre *Dauer in Tagen* (Rubr. 3), sowie das der Kalenderrechnung entsprechende Datum (Rubr. 10) angeführt. Bei den aktiven Perioden sind bezeichnet: die *absolute Zahl der Erschütterungen* ( $n$ ) in der Periode (Rubr. 4), die *mittlere Häufigkeit* der Erschütterungen ( $F$ ; Rubr. 5), sowie ihre *mittlere Intensität* ( $i$ ) nach CANCANIS Skala von I—XII, wobei die auf die Brontidenerscheinungen bezügliche Zahl mit Klammern versehen und ihr Wert nach der Skala von DAVISON (1900) von I—VII (Rubr. 6) notiert ist. Daran reiht sich die Bezeichnung der Intensität der in der Periode konstatierten stärksten und schwächsten Erschütterung; wo jedoch in der Periode bloss eine einzige Erschütterung wahrgenommen wurde, da sind die bezüglichen Werte in Klammern eingeschlossen (Rubr. 7 u. 8). Schliesslich wurde angemerkt, ob die Erschütterungen innerhalb einzelner Perioden von unterirdischem Getöse begleitet waren, oder die ganze Periode ohne irgendwelche akustische Erscheinungen verlaufen ist (Rubr. 9).

#### *Tabelle II.*

In dieser Tabelle erscheinen ausschliesslich die aktiven Perioden nach der Aufeinanderfolge der allgemeinen Periodenserie (Rubr. 1) dargestellt. Abgesondert wurden eingetragen: das Produkt aus der mittleren Häufigkeit und der mittleren Intensität (Rubr. 2), ebenso der Wert der seismischen Aktivität (Rubr. 3).

#### *Das Diagramm.*

Auf dem Diagramme sind alle Perioden in der ganzen Serie, wie sie aus Tabelle I (Rubr. 1 u. 2) zu ersehen ist, veranschaulicht. Nichtaktive Perioden wurden durch gerade, in der Richtung der Abszisse gezogene Linien dargestellt, deren Längen der entsprechenden Tagesanzahl ihrer Dauer proportioniert sind.

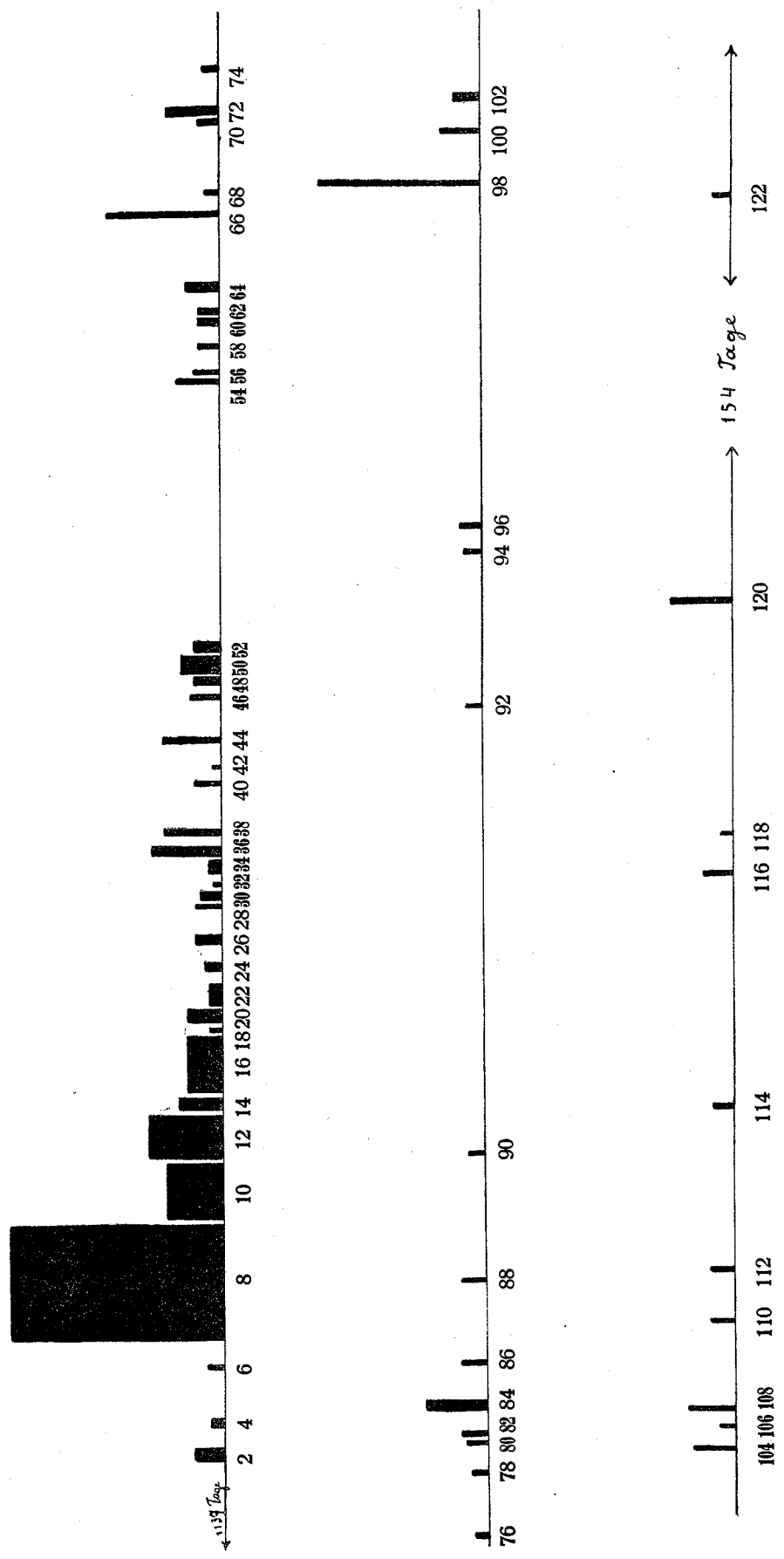
Die aktiven Perioden sind durch schwarze Rechtecke bezeichnet, deren Länge (der Abszisse nach) der Tagesanzahl ihrer Dauer (Tab. I, Rubr. 3), und deren Höhe (der Ordinate nach) der Grösse ihrer seismischen Aktivität in Hundertsteln (Tab. II, Rubr. 3) entspricht, wobei die Grundlinie den Wert = 0.00 repräsentiert. Wo die Aktivität der Periode sich lediglich durch die Erscheinung der Brontiden offenbarte, da sind die Flächen der entsprechenden Rechtecke unausgefüllt geblieben.

# Seismische Perioden und ihre seismische Aktivität (Moravatal, Serbien)

wenn Moravatal als ein tektonisches Ganzes betrachtet wird.

Als Beispiel für die Art und Weise der Darstellung der seismischen Aktivität einzelner Perioden.

Beilage zur Abhandlung: „Bestimmung der Aktivität der seismischen Perioden“  
 (Sur la détermination de l'activité des périodes sismiques). — Punkt 37 der Tagesordnung.



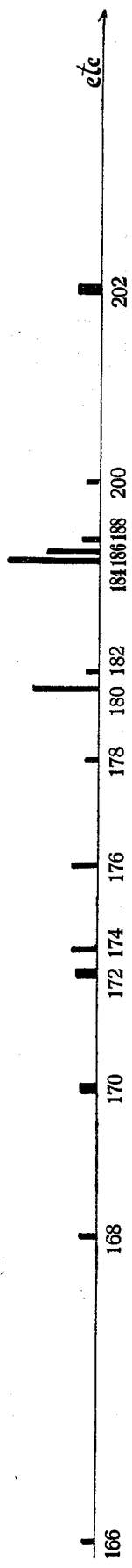
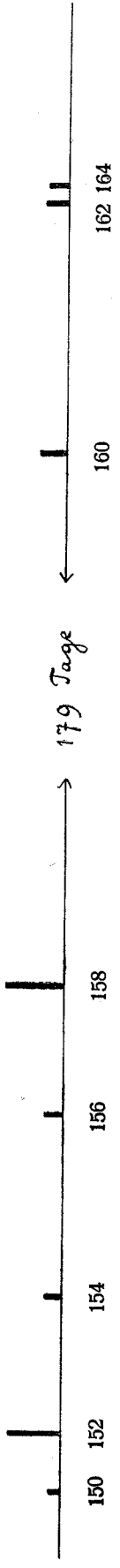
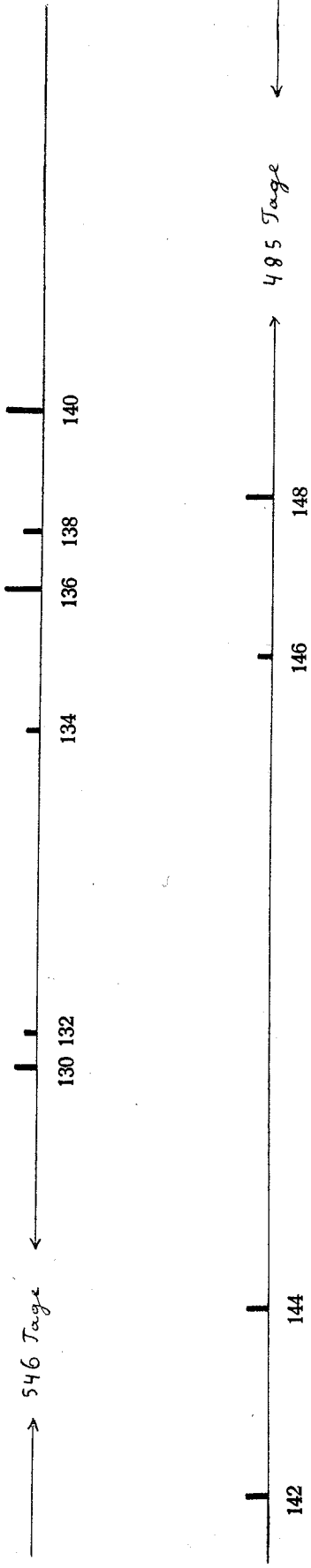
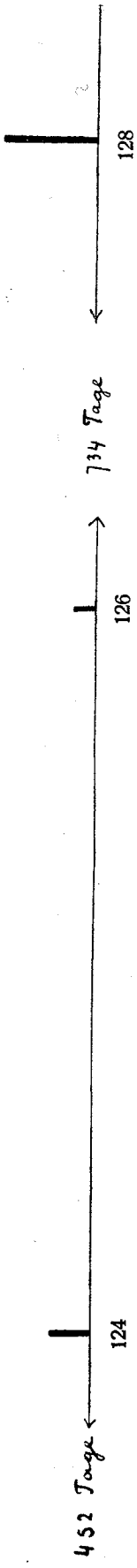


Tabelle I.

## Grundelemente der seismischen Aktivität

+ = aktive Perioden; — = nichtaktive Perioden; (br.) = unterird. Rollen; br. = Brontiden.

Laufende Zahl	Perioden			Mittlere Häufigkeit der Erschütt. $F = \frac{n}{d}$	Intensität (I—XII)			Begleit- erscheinun- gen; Rollen, Brontiden (I—VII) usw.	Kalendermässige Zeiteinteilung (I bis XII = Januar bis Dezember)
	Charak- ter	Dauer in Tagen $d$	Zahl der Erschüt- terungen $n$		mittlere $i = \frac{\sum I}{n}$	Maxim.	Minim.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	—	1137							1. XII. 1889—11. III. 1893
2	+	3	5	1.7	3.8	7	3	(br. III)	12. III. 1893—14. III. 1893
3	—	5							15. III. 1893—18. III. 1893
4	+	2	2	1.0	3.0	3	3	—	19. III. 1893—20. III. 1893
5	—	11							21. III. 1893—31. III. 1893
6	+	1	1	1.0	4.0	(4)	(4)	—	1. IV. 1893
7	—	6							2. IV. 1893—7. IV. 1893
8	+	26	346	13.3	3.7	11	2	10 br. III.	8. IV. 1893—3. V. 1893
9	—	1							4. V. 1893
10	+	13	44	3.4	3.9	6	2	(br. III)	5. V. 1893—17. V. 1893
11	—	1							18. V. 1893
12	+	10	49	4.9	3.5	8	3	3 br. IV	19. V. 1893—28. V. 1893
13	—	1							29. V. 1893
14	+	3	7	2.3	4.4	8	2	(br. V)	30. V. 1893—1. VI. 1893
15	—	1							2. VI. 1893
16	+	13	36	2.8	2.9	5	2	(br. II)	3. VI.—15. VI. 1893
17	—	1							16. VI. 1893
18	+	1	1	1.0	3.0	(3)	(3)	(br. V)	17. VI. 1893
19	—	1							18. VI. 1893
20	+	3	8	2.7	3.1	5	2	2 br. III	19. VI.—21. VI. 1893
21	—	1							22. VI. 1893
22	+	5	7	1.4	2.3	3	2	(br. II.)	23. VI—27. VI. 1893
23	—	3							28. VI—30. VI. 1893
24	+	2	2	1.0	4.0	5	3	(br. I)	1. VII—2. VII. 1893
25	—	4							3. VII—6. VII. 1893
26	+	2	3	1.5	4.0	6	3	1 br. III	7. VII—8. VII. 1893
27	—	6							9. VII—14. VII. 1893
28	+	1	1	1.0	6.0	(6)	(6)	—	15. VII. 1893
29	—	1							16. VII. 1893
30	+	2	2	1.0	4.5	5	4	—	17. VII—18. VII. 1893.
31	—	1							19. VII. 1893
32	+	1	1	1.0	2.0	(2)	(2)	—	20. VII. 1893
33	—	2							21. VII—22. VII. 1893
34	+	3	2	0.7	4.5	6	3	(br. II)	23. VII—25. VII. 1893
35	—	1							26. VII. 1893



Laufende Zahl	Perioden			Mittlere Häufigkeit der Erschütt. $F = \frac{n}{d}$	Intensität (I—XII)			Begleiterscheinungen; Rollen, Brontiden (I—VII) usw.	Kalendermässige Zeiteinteilung (I bis XII = Januar bis Dezember)
	Charakter	Dauer in Tagen $d$	Zahl der Erschütterungen $n$		mittlere $i = \frac{\Sigma I}{n}$	Maxim.	Minim.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
36	+	2	9	4.5	3.6	7	2	(br. II)	27. VII—28. VII. 1893
37	—	3							29. VII—31. VII. 1893
38	+	1	3	3.0	4.3	6	3	—	1. VIII. 1893
39	—	10							2. VIII—11. VIII. 1893
40	+	1	1	1.0	6.0	(6)	(6)	—	12. VIII. 1893.
41	—	3							13. VIII—15. VIII. 1893
42	+	1	1	1.0	2.0	(2)	(2)	(br. II)	16. VIII. 1893
43	—	5							17. VIII—21. VIII. 1893
44	+	1	3	3.0	4.3	5	2	(br. II)	22. VIII. 1893
45	—	9							23. VIII—31. VIII. 1893
46	+	1	1	1.0	7.0	(7)	(7)	—	1. IX. 1893
47	—	2							2. IX—3. IX. 1893
48	+	2	3	1.5	4.0	7	2	(br. II)	4. IX—5. IX. 1893
49	—	1							6. IX. 1893
50	+	4	9	2.2	4.1	8	2	1 br. II	7. IX—10. IX. 1893
51	—	1							11. IX. 1893
52	+	2	3	1.5	3.7	5	3	—	12. IX—13. IX. 1893
53	—	59							14. IX—11. XI. 1893
54	+	1	2	2.0	5.0	5	5	—	12. XI. 1893
55	—	1							13. XI. 1893
56	+	1	1	1.0	6.0	(6)	(6)	(br. II)	14. XI. 1893
57	—	5							15. XI—19. XI. 1893
58	+	1	1	1.0	5.0	(5)	(5)	—	20. XI. 1893
59	—	4							21. XI—24. XI. 1893
60	+	2	2	1.0	4.5	5	4	(br. I)	25. XI—26. XI. 1893
61	—	1							27. XI. 1893
62	+	1	1	1.0	5.0	(5)	(5)	—	28. XI. 1893
63	—	4							29. XI—2. XII. 1893
64	+	2	4	2.0	4.2	5	3	1 br. V	3. XII—4. XII. 1893
65	—	15							5. XII—19. XII. 1893
66	+	1	6	6.0	4.3	6	2	(br. II)	20. XII. 1893
67	—	4							21. XII—24. XII. 1893
68	+	1	1	1.0	3.0	(3)	(3)	—	25. XII. 1893
69	—	15							26. XII. 1893—9. I. 1894
70	+	1	1	1.0	5.0	(5)	(5)	(br. II)	10. I. 1894
71	—	1							11. I. 1894
72	+	2	6	3.0	4.0	5	3	—	12. I—13. I. 1894
73	—	8							14. I—21. I. 1894
74	+	1	1	1.0	4.0	(4)	(4)	br. I	22. I. 1894
75	—	13							23. I—4. II. 1894
76	+	1	1	1.0	3.0	(3)	(3)	—	5. II. 1894
77	—	13							6. II—18. II. 1894

Perioden				Mittlere Häufigkeit der Erschütt. $F = \frac{n}{d}$	Intensität (I—XII)			Begleit- erscheinun- gen; Rollen, Brontiden (I—VII) usw.	Kalendermäßige Zeiteinteilung (I bis XII = Januar bis Dezember)
Laufende Zahl	Charak- ter	Dauer in Tagen <i>d</i>	Zahl der Erschüt- terungen <i>n</i>		mittlere $i = \frac{\sum I}{n}$	Maxim.	Minim.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
78	+	1	1	1·0	4·0	(4)	(4)	(br. II)	19. II. 1894
79	—	6							20. II—25. II. 1894
80	+	1	1	1·0	5·0	(5)	(5)	—	26. II. 1894
81	—	1							27. II. 1894
82	+	1	1	1·0	6·0	(6)	(6)	—	28. II. 1894
83	—	5							1. III—5. III. 1894
84	+	2	8	4·0	3·4	5	3	(br. IV)	6. III—7. III. 1894
85	—	8							8. III—15. III. 1894
86	+	1	1	1·0	6·0	(6)	(6)	(br. VI)	16. III. 1894
87	—	18							17. III—3. IV. 1894
88	+	1	1	1·0	6·0	(6)	(6)	(br. V)	4. IV. 1894
89	—	23							5. IV—2. V. 1894
90	+	1	1	1·0	4·0	(4)	(4)	—	3. V. 1894
91	—	101							4. V—12. VIII. 1894
92	+	1	1	1·0	4·0	(4)	(4)	(br. I)	13. VIII. 1894
93	—	34							14. VIII—16. IX. 1894
94	+	1	1	1·0	4·0	(4)	(4)	—	17. IX—1894
95	—	5							18. IX—22. IX. 1894
96	+	1	1	1·0	5·0	(5)	(5)	(br. II)	23. IX. 1894
97	—	77							24. IX—9. XII. 1894
98	+	1	10	10·0	3·7	8	3	(br. V)	10. XII. 1894
99	—	11							11. XII—21. XII. 1894
100	+	1	2	2·0	4·5	5	4	—	22. XII. 1894
101	—	6							23. XII—28. XII. 1894
102	+	2	4	2·0	3·2	5	2	(br. II)	29. XII—30. XII. 1894
103	—	35							31. XII. 1894—3. II. 1895
104	+	1	2	2·0	5·0	5	5	—	4. II. 1895
105	—	4							5. II—8. II. 1895
106	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	(br. II)	9. II. 1895
107	—	3							10. II—12. II. 1895
108	+	1	2	2·0	5·5	6	5	(br. IV)	13. II. 1895
109	—	19							14. II—5. III. 1895
110	+	1	1	1·0	6·0	(6)	(6)	(br. I)	6. III. 1895
111	—	11							7. III—17. III. 1895
112	+	1	1	1·0	6·0	(6)	(6)	(br. V)	18. III. 1895
113	—	36							19. III—23. IV. 1895
114	+	1	1	1·0	5·0	(5)	(5)	(br. III)	24. IV. 1895
115	—	52							25. IV—15. VI. 1895
116	+	1	1	1·0	7·0	(7)	(7)	—	16. VI. 1895
117	—	8							17. VI—24. VI. 1895
118	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	(br. I)	25. VI. 1895
119	—	52							26. VI—16. VIII. 1895

Perioden				Mittlere Häufigkeit der Erschütt. $F = \frac{n}{d}$	Intensität (I—XII)			Begleit- erscheinun- gen; Rollen, Brontiden (I—VII) usw.	Kalendermässige Zeiteinteilung (I bis XII = Januar bis Dezember)
Laufende Zahl	Charak- ter	Dauer in Tagen $d$	Zahl der Erschüt- terungen $n$		mittlere $i = \frac{\Sigma I}{n}$	Maxim.	Minim.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
120	+	1	3	3·0	4·7	6	4	(br. II)	17. VIII. 1895
121	—	154							19. VIII. 1895—19. I. 1896
122	+	1	1	1·0	4·0	(4)	(4)	—	20. I. 1896
123	—	452							21. I. 1896—16. IV. 1897
124	+	1	2	2·0	4·5	5	4	—	17. IV. 1897
125	—	162							18. IV—26. IX. 1897
126	+	1	1	1·0	5·0	(5)	(5)	—	27. IX. 1897
127	—	734							28. IX. 1897—1. X. 1899
128	+	1	3	3·0	7·0	(7)	(7)	—	2. X. 1899
129	—	546							3. X. 1899—1. IV. 1901
130	+	1	1	1·0	5·0	(5)	(5)	—	2. IV. 1901
131	—	7							3. IV—9. IV. 1901
132	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	—	10. IV. 1901
133	—	67							11. IV. 1901—17. VI. 1901
134	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	—	18. VI. 1901
135	—	31							19. VI—19. VII. 1901
136	+	1	2	2·0	4·0	5	3	—	20. VII. 1901
137	—	12							21. VII—1. VIII. 1901
138	+	1	1	1·0	4·0	(4)	(4)	—	2. VIII. 1901
139	—	26							3. VIII—23. VIII. 1901
140	+	1	1	1·0	8·0	(8)	(8)	(br. IV)	29. VIII. 1901
141	—	115							30. VIII—23. XII. 1901
142	+	1	2	2·0	3·0	3	3	(br. III)	24. XII. 1901
143	—	41							25. XII. 1901—3. II. 1902
144	+	1	2	2·0	3·0	3	3	—	4. II. 1902
145	—	146							5. II—1. VII. 1902
146	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	—	2. VII. 1902
147	—	35							3. VII—8. VIII. 1902
148	+	1	2	2·0	3·0	3	3	—	9. VIII. 1902
149	—	485							10. VIII. 1902—18. XII. 1903
150	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	—	19. XII. 1903
151	—	12							20. XII—31. XII. 1903
152	+	1	2	2·0	6·0	6	6	(br. III)	1. I. 1904
153	—	30							2. I—31. I. 1904
154	+	1	1	1·0	4·0	(4)	(4)	—	1. II. 1904
155	—	30							2. II—4. III. 1904
156	+	1	1	1·0	4·0	(4)	(4)	—	5. III. 1904
157	—	28							6. III—3. IV. 1904
158	+	1	6	6·0	2·1	3	2	—	4. IV. 1904
159	—	179							5. IV—30. IX. 1904
160	+	1	1	1·0	6·0	(6)	(6)	—	1. X. 1904
161	—	55							2. X—26. XI. 1904

Perioden				Mittlere Häufigkeit der Erschütt. $F = \frac{n}{d}$	Intensität (I—XII)			Begleiterscheinungen; Rollen, Brontiden (I—VII) usw.	Kalendermässige Zeiteinteilung (I bis XII = Januar bis Dezember)
Laufende Zahl	Charakter	Dauer in Tagen $d$	Zahl der Erschütterungen $n$		mittlere $i = \frac{\Sigma I}{n}$	Maxim.	Minim.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
162	+	1	1	1·0	5·0	(5)	(5)	(br. II)	27. XI. 1904
163	—	3							28. XI—30. XI. 1904
164	+	1	1	1·0	4·0	(4)	(4)	(br. III)	1. XII. 1904
165	—	46							2. XII. 1904—16. I. 1905
166	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	(br. II)	17. I. 1905
167	—	68							18. I—26. III. 1905
168	+	1	1	1·0	4·0	(4)	(4)	(br. II)	27. III. 1905
169	—	32							28. III—29. IV. 1905
170	+	2	2	1·0	3·5	4	3	—	30. IV—1. V. 1905
171	—	24							2. V—25. V. 1905
172	+	2	3	1·5	3·0	3	3	(br. I)	26. V—27. V. 1905
173	—	4							28. V—31. V. 1905
174	+	1	2	2·0	3·0	3	3	vorausgehend (br. II)	1. VI. 1905
175	—	18							2. VI—19. VI. 1905
176	+	1	2	2·0	3·0	3	3	—	20. VI. 1905
177	—	23							21. VI—13. VII. 1905
178	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	—	14. VII. 1905
179	—	15							15. VII—29. VII. 1905
180	+	1	4	4·0	3·8	5	3	(br. II)	30. VII. 1905
181	—	3							31. VII—2. VIII. 1905
182	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	(br. III)	3. VIII. 1905
183	—	24							4. VIII—27. VIII. 1905
184	+	1	6	6·0	3·5	5	2	(br. I)	28. VIII. 1905
185	—	24							29. VIII—21. IX. 1905
186	+	1	4	4·0	3·0	3	3	(br. IV)	22. IX. 1905
187	—	2							23. IX—24. IX. 1905
188	+	1	1	1·0	4·0	(4)	(4)	vorausgehend (br. III)	25. IX. 1905
189	—	12							26. IX—7. X. 1905
190	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	—	8. X. 1905
191	—	42							9. X—19. XI. 1905
192	+	2	3	1·5	4·6	5	4	(br. II)	20. XI—21. XI. 1905
193	—	127							22. XI. 1905—28. III. 1906
194	+	2	4	2·0	4·5	6	3	vorausgehend (br. IV)	29. III—30. III. 1906
195	—	3							31. III—2. IV. 1906
196	+	1	1	1·0	4·0	(4)	(4)	(br. I)	3. IV. 1906
197	—	96							4. IV—8. VII. 1906
198	+	2	2	1·0	4·5	5	4	vorausgehend (br. II)	9. VII—10. VII. 1906
199	—	5							11. VII—15. VII. 1906
200	+	1	1	1·0	3·0	3	3	—	16. VII. 1906
201	—	7							17. VII—23. VII. 1906
202	+	1	1	1·0	5·0	(5)	(5)	vorausgehend (br. II)	24. VII. 1906
203	—	1							25. VII. 1906

Perioden				Mittlere Häufigkeit der Erschütt. $F = \frac{n}{d}$	Intensität (I—XII)			Begleiterscheinungen; Rollen, Brontiden (I—VII) usw.	Kalendermässige Zeiteinteilung (I bis XII = Januar bis Dezember)
Laufende Zahl	Charakter	Dauer in Tagen $d$	Zahl der Erschütterungen $n$		mittlere $i = \frac{\sum I}{n}$	Maxim.	Minim.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
204	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	(br. I)	26. VII. 1906
205	—	150							27. VII—23. XII. 1906
206	+	2	2	1·0	4·0	4	4	(br. II)	24. XII—25. XII. 1906
207	—	44							26. XII. 1906—7. II. 1907
208	+	1	1	1·0	4·0	(4)	(4)	(br. II)	8. II. 1907
209	—	41							9. II—21. III. 1907
210	+	2	2	1·0	4·5	5	4	vorausgehend (br. IV)	22. III—23. III. 1907
211	—	4							24. III—27. III. 1907
212	+	1	1	1·0	4·0	(4)	(4)	(br. I)	28. III. 1907
213	—	101							29. III—7. VII. 1907
214	+	1	1	1·0	4·0	(4)	(4)	—	8. VII. 1907
215	—	11							9. VII—19. VII. 1907
216	+	1	1	1·0	4·0	(4)	(4)	(br. I)	20. VII. 1907
217	—	27							21. VII—16. VIII. 1907
218	+	2	2	1·0	4·5	5	4	(br. I)	17. VIII. 1907—18. VIII. 1907
219	—	1							19. VIII. 1907
220	+	1	2	2·0	4·0	5	3	(br. I)	20. VIII. 1907
221	—	19							21. VIII—8. XI. 1907
222	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	—	9. XI. 1907
223	—	239							10. XI. 1907—6. VII. 1908
224	+	2	3	1·5	4·6	6	3	(br. III)	7. VII—8. VII. 1908
225	—	7							9. VII—15. VII. 1908
226	+	1	1	1·0	4·0	(4)	(4)	—	16. VII. 1908
227	—	64							17. VII—18. IX. 1908
228	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	—	19. IX. 1908
229	—	6							20. IX—25. IX. 1908
230	+	1	2	2·0	4·0	5	3	(br. III)	26. IX. 1908
231	—	7							27. IX—3. X. 1908
232	+	3	3	1·0	4·3	5	3	vorausgehend (br. IV)	4. X—6. X. 1908
233	—	16							7. X—22. X. 1908
234	+	1	4	4·0	5·0	6	3	(br. IV)	23. X. 1908
235	—	2							24. X—25. X. 1908
236	+	1	1	1·0	4·0	(4)	(4)	—	26. X. 1908
237	—	27							27. X—22. XI. 1908
238	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	—	23. XI. 1908
239	—	38							24. XI—31. XII. 1908
240	+	2	2	1·0	4·0	4	4	(br. III)	1. I—2. I. 1909
241	—	19							3. I—21. I. 1909
242	+	2	4	2·0	4·0	5	3	(br. III)	22. I—23. I. 1909
243	—	120							24. I—23. V. 1909
244	+	1	1	1·0	4·0	(4)	(4)	(br. III)	24. V. 1909
245	—	44							25. V—7. VII. 1909

Perioden				Mittlere Häufigkeit der Erschütt. $F = \frac{n}{d}$	Intensität (I—XII)			Begleiterscheinungen; Rollen, Brontiden (I—VII) usw.	Kalendermässige Zeiteinteilung (I bis XII = Januar bis Dezember)
Laufende Zahl	Charakter	Dauer in Tagen $d$	Zahl der Erschütterungen $n$		mittlere $i = \frac{\Sigma I}{n}$	Maxim.	Minim.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
246	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	(br. IV)	8. VII. 1909
247	—	54							9. VII—31. VIII. 1909
248	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	—	1. IX. 1909
249	—	4							2. IX—5. IX. 1909
250	+	2	4	2·0	3·5	5	3	br. III	6. IX—7. IX. 1909
251	—	18							8. IX—25. IX. 1909
252	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	—	26. IX. 1909
253	—	23							27. IX—19. X. 1909
254	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	—	20. X. 1909
255	—	86							21. X. 1909—14. II. 1910
256	+	1	1	1·0	5·0	(5)	(5)	(br. III)	15. II. 1910
257	—	62							16. II—18. IV. 1910
258	+	2	2	1·0	3·5	4	3	br. II	19. IV—20. IV. 1910
259	—	18							21. IV—8. V. 1910
260	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	—	9. V. 1910
261	—	13							10. V—22. V. 1910
262	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	—	23. V. 1910
263	—	4							24. V—27. V. 1910
264	+	2	3	1·5	4·5	6	3	(br. IV)	28. V—29. V. 1910
265	—	4							30. V—2. VI. 1910
266	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	(br. III)	3. VI. 1910
267	—	5							4. VI—8. VI. 1910
268	+	1	1	1·0	4·0	(4)	(4)	(br. I)	9. VI. 1910
269	—	1							10. VI. 1910
270	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	—	11. VI. 1910
271	—	8							12. VI—19. VI. 1910
272	+	1	1	1·0	6·0	(6)	(6)	(br. IV)	20. VI. 1910
273	—	7							21. VI—27. VI. 1910
274	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	(br. II)	28. VI. 1910
275	—	20							29. VI—18. VII. 1910
276	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	(br. II)	19. VII. 1910
277	—	6							20. VII—25. VII. 1910
278	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	(br. II)	26. VII. 1910
279	—	78							27. VII—12. X. 1910
280	+	1	1	1·0	4·0	(4)	(4)	(br. II)	13. X. 1910
281	—	18							14. X—31. X. 1910
282	+	2	2	1·0	3·5	4	3	(br. II)	1. XI—2. XI. 1910
283	—	8							3. XI—10. XI. 1910
284	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	(br. I)	11. XI. 1910
285	—	21							12. XI—2. XII. 1910
286	+	1	4	4·0	4·2	6	2	(br. II)	3. XII. 1910
287	—	4							4. XII—7. XII. 1910

Perioden				Mittlere Häufigkeit der Erschütt. $F = \frac{n}{d}$	Intensität (I—XII)			Begleit- erscheinun- gen; Rollen, Brontiden (I—VII) usw.	Kalendermässige Zeiteinteilung (I bis XII = Januar bis Dezember)
Laufende Zahl	Charak- ter	Dauer in Tagen $d$	Zahl der Erschüt- terungen $n$		mittlere $i = \frac{\sum I}{n}$	Maxim.	Minim.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
288	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	(br. II)	8. XII. 1910
289	—	4							9. XII—12. XII. 1910
290	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	(br. II)	13. XII. 1910
291	—	37							14. XII. 1910—19. I. 1911
292	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	—	20. I. 1911
293	—	43							21. I—4. III. 1911
294	+	1	2	2·0	3·0	3	3	(br. II)	5. III. 1911
295	—	4							6. III—9. IV. 1911
296	+	1	2	2·0	3·5	4	3	(br. III)	10. III. 1911
297	—	14							11. III—24. III. 1911
298	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	—	25. III. 1911
299	—	28							26. III—22. IV. 1911
300	+	1	1	1·0	3·0	(3)	(3)	(br. III)	23. IV. 1911

Tabelle II.

Aktive Perioden und ihre seismische Aktivität.

Nr.	F. i.	F. i. C.	Nr.	F. i.	F. i. C.	Nr.	F. i.	F. i. C.
2	6·46	0·065	32	2·00	0·020	62	5·00	0·050
4	3·00	0·030	34	3·15	0·032	64	3·40	0·084
6	4·00	0·040	36	16·20	0·162	66	25·80	0·258
8	49·21	0·492	38	12·90	0·129	68	3·00	0·030
10	13·26	0·133	40	6·00	0·060	70	5·00	0·050
12	17·15	0·172	42	2·00	0·020	72	12·00	0·120
14	10·12	0·101	44	12·90	0·129	74	4·00	0·040
16	8·12	0·081	46	7·00	0·070	76	3·00	0·030
18	3·00	0·030	48	6·00	0·060	78	4·00	0·040
20	8·37	0·084	50	9·02	0·090	80	5·00	0·050
22	3·22	0·032	52	5·55	0·056	82	6·00	0·060
24	4·00	0·040	54	10·00	0·100	84	13·60	0·136
26	6·00	0·060	56	6·00	0·060	86	6·00	0·060
28	6·00	0·060	58	5·00	0·050	88	6·00	0·060
30	4·50	0·045	60	4·50	0·045	90	4·00	0·040

Nr.	F. i.	F. i. C.	Nr.	F. i.	F. i. C.	Nr.	F. i.	F. i. C.
92	4:00	0:040	162	5:00	0:050	232	4:30	0:043
94	4:00	0:040	164	4:00	0:040	234	20:00	0:200
96	5:00	0:050	166	3:00	0:030	236	4:00	0:040
98	37:00	0:370	168	4:00	0:040	238	3:00	0:030
100	9:00	0:090	170	3:50	0:035	240	4:00	0:040
102	6:40	0:064	172	4:50	0:045	242	8:00	0:080
104	10:00	0:100	174	6:00	0:060	244	4:00	0:040
106	3:00	0:030	176	6:00	0:060	246	3:00	0:030
108	11:00	0:110	178	3:00	0:030	248	3:00	0:030
110	6:00	0:060	180	15:20	0:152	250	7:00	0:070
112	6:00	0:060	182	3:00	0:030	252	3:00	0:030
114	5:00	0:050	184	21:00	0:210	254	3:00	0:030
116	7:00	0:070	186	12:00	0:120	256	5:00	0:050
118	3:00	0:030	188	4:00	0:040	258	3:50	0:035
120	14:10	0:141	190	3:00	0:030	260	3:00	0:030
122	4:00	0:040	192	4:50	0:045	262	3:00	0:030
124	9:00	0:090	194	9:00	0:090	264	6:75	0:068
126	5:00	0:050	196	4:00	0:040	266	3:00	0:030
128	21:00	0:210	198	4:50	0:045	268	4:00	0:040
130	5:00	0:050	200	3:00	0:030	270	3:00	0:030
132	3:00	0:030	202	5:00	0:050	272	6:00	0:060
134	3:00	0:030	204	3:00	0:030	274	3:00	0:030
136	8:00	0:080	206	4:00	0:040	276	3:00	0:030
138	4:00	0:040	208	4:00	0:040	278	3:00	0:030
140	8:00	0:080	210	4:50	0:045	280	4:00	0:040
142	6:00	0:060	212	4:00	0:040	282	3:50	0:035
144	6:00	0:060	214	4:00	0:040	284	3:00	0:030
146	3:00	0:030	216	4:00	0:040	286	16:80	0:168
148	6:00	0:060	218	4:50	0:045	288	3:00	0:030
150	3:00	0:030	220	8:00	0:080	290	3:00	0:030
152	12:00	0:120	222	3:00	0:030	292	3:00	0:030
154	4:00	0:040	224	6:90	0:069	294	6:00	0:060
156	4:00	0:040	226	4:00	0:040	296	7:00	0:070
158	12:60	0:126	228	3:00	0:030	298	3:00	0:030
160	6:00	0:060	230	8:00	0:080	300	3:00	0:030



## Quelques causes d'erreur dans la détermination de l'heure dans les sismogrammes.

Par

EMM. Ma. S. NAVARRO NEUMANN S.J.

En observant dans les bulletins sismologiques de fréquentes et parfois considérables différences dans la détermination, non seulement des seconds préliminaires ou de l'apparition des ondes lentes, où cela quelquefois s'impose, mais aussi dans les premiers préliminaires, même avec des *impetus*, nous nous sommes demandés si ces différences ne seraient pas attribuables, parfois, à l'élimination moins complète des multiples causes d'erreur qui peuvent se produire si facilement, si l'on doit relever le moment précis, dans lequel fut tracé chaque point du graphique.

De parti pris, nous ne parlerons pas des erreurs possibles dans l'état absolu des chronographes, question qui regarde plutôt l'astronome, mais seulement du chronographe dans l'acception littérale du mot.

Quand le contact, qui doit se fermer périodiquement, ne se fait pas dans le moment précis voulu, mais avant ou après, une sorte de *parallaxe* s'établit, dont il faut bien tenir compte dans les analyses. Cette parallaxe change parfois, et, ce qui est pire encore, irrégulièrement. Nous l'avons observé chez un type de chronographe assez répandu et sorti d'une maison renommée.

Dans cet instrument là, le réglage, tant de la durée des contacts que du moment dans lequel ceux-ci doivent avoir lieu, est assez ennuyeux, et dans la marche ordinaire, des différences soigneusement contrôlées, de  $\pm 2^s$ , n'étaient pas peu fréquentes. Comme la pendule marchait bien pour son prix (150 M.) nous avons monté un autre mécanisme, bien plus simple et plus efficace,<sup>1</sup> avec lequel la fermeture du circuit a lieu chaque minute au demi-dixième de seconde près, et ceci pendant le temps désiré.

Cette parallaxe et ces irrégularités, déjà importantes dans les chronographes qui donnent des signaux chaque minute, sont d'autant plus à redouter que les signaux se font de plus en plus rares. Si le courant ne passe que toutes les heures, les erreurs, de ce chef, peuvent monter, facilement, à plusieurs dizaines de secondes, et même à une minute et plus.

Il faut donc employer des pendules-chronographes ou des chronomètres-chronographes qui semblent surtout indiqués pour les pays, où les tremblements de terre quelque peu sévères ne sont pas rares, et qui réunissent aux autres qualités indispensables de bonne marche etc. etc. celle de fermer leurs contacts justement au moment voulu, c'est-à-dire de n'avoir pas de parallaxe de contact. Au cas contraire il faut déterminer fréquemment cette parallaxe avec l'exactitude suffisante et ne pas négliger ce facteur dans les analyses.

<sup>1</sup> Marche diurne de  $+0.5^s$  à  $+1.7^s$  pendant plus d'une année, l'horloge étant située dans une chambre, où les oscillations de la température montent à plus de  $26^\circ$ , et dont le degré hygrométrique change aussi largement.

Entre les autres causes principales d'erreur il y a trois, qui peuvent fausser la lecture des graphiques des sismographes à enregistrement mécanique et photographique, et une quatrième particulière à ce dernier. Celle-ci est la déformation, ou mieux les déformations que souffre le papier sensible pendant son développement, fixage, lavage et surtout pendant son séchage, déformations d'autant plus considérables que la bande est plus longue et que le tréteau de séchage est moins plan.<sup>1</sup>

Les causes communes d'erreur peuvent se trouver dans la marche trop lente ou irrégulière des enregistreurs, et dans la parallaxe, dont l'existence est presque fatale, quand les indications de l'heure ne se font pas exactement dans le tracé même du sismographe.

M. le Dr. C. MAINKA, de Strasbourg, ayant abordé la question de la vitesse avec celle de la marche défectueuse, dans le beau mémoire qu'il a lu dans le Congrès de la Haye,<sup>2</sup> nous n'avons pas à y revenir, ainsi nous nous bornerons à ajouter quelques considérations pratiques, étant donné que nous partageons sa manière de voir.

A Cartuja (Grenade), où trois de nos sismographes, toujours en fonctionnement ont, chacun, leur enregistreur propre, avec des vitesses de 60—96 centimètres à l'heure, d'ordinaire les points correspondants de leurs graphiques, et surtout les *iP*, ne diffèrent pas de 2 secondes au plus et très fréquemment deux d'entre-eux donnent la même seconde, ce qui arrive même mainte fois chez tous les trois instruments.<sup>3</sup>

Lorsqu'une différence plus considérable est constatée (surtout dans les *iP* évidents et sur des bons graphiques, ce qui exclue l'influence des grossissements, périodes, frottements, barosismes etc., dont nous n'avons pas à nous occuper), il s'agit d'un intervalle de minute plus longue ou plus court que les autres, ou au moins d'une minute pendant laquelle le mouvement de translation de la bande réceptrice a été irrégulier. On peut observer ce défaut dans des minutes qui, d'après leurs longueurs égales, sembleraient tout-à-fait correctes, mais où un examen attentif décèle cependant des arrêts ou des ralentissements, compensés par des augmentations de vitesse, ou même par des glissements.

Ce dernier défaut s'observe, tout particulièrement, aux cylindres enregistreurs trop lourds pour le moteur qui les entraîne, surtout si les enchaînements sont défectueux. Dans un modèle assez répandu on observe, par exemple, que le cylindre récepteur est d'un poids excessif et s'il n'arrête pas le moteur d'horlogerie qui l'entraîne, il se balance d'un côté à l'autre avec des amplitudes de quelques millimètres, et des rythmes de quelques secondes. Ces balancements se traduisent dans les graphiques par des dentelures, en forme de *dents de scie*, lesquelles, parfois, se superposent même aux oscillations libres du pendule. L'erreur commise dans l'appréciation de l'heure peut bien monter à une dizaine de secondes et plus, si la vitesse est de 90 centimètres à l'heure.

Dans des circonstances favorables, il n'est pas rare, qu'un changement de rythme, un *crochet imprévu* etc., décèle le défaut. Cela arrive très souvent si l'on possède plusieurs sismographes pour les mêmes composantes, avec des récepteurs différents. Avec nos modèles *Cartuja* nous avons pu nous convaincre que les *iP* arrivent en même temps, à la même seconde, aux instruments qui enregistrent des composantes diverses: NNW—SSE et ENE—WSW. Les *eP* évidents se comportent d'une façon semblable. D'autres ondes, plus faibles, furent enregistrées, au même temps par le pendule vertical, composante NNW, dont le grossissement initial de 500 fois, et la période de 2.2 secondes, le rend très sensible pour ces ondes, et par le bifilaire, composante ENE, dont la sensibilité pour les mêmes ondes, bien qu'inférieure, surpasse, largement, celle de nos autres sismographes.

Les marques horaires s'obtiennent, assez fréquemment, dans les sismographes à enregistrement photographique, par des éclipses du foyer lumineux. Ces éclipses se traduisent dans les graphiques

<sup>1</sup> La déformation des bandes noircies à la fumée pendant leur fixage et séchage est moins importante et peut être négligée, si les marques horaires se font de minute en minute, ou plus souvent.

<sup>2</sup> Über die neuen Arbeiten . . . Vortrag III, S. 204—206.

<sup>3</sup> Il ne faut pas oublier que les moteurs sont de réveille — matin ordinaires, et que leur construction est assez sommaire. Des moteurs plus puissants, à construction plus soignée, donneraient de meilleurs résultats.

par des espaces clairs, plus ou moins longs, qui peuvent se trouver ou dans la ligne même du tracé pendulaire, ou dans une autre qui sert aussi de ligne de repère pour les déviations, ou, encore, sur un des bords du papier photographique.

Le premier procédé, employé dans les types Hecker, Bosch légers, Galitzine, Milne à diagramme pointillé, exclue la parallaxe, ce qui est très recommandable. Cependant il compte à son passif que si le point à déterminer tombe, précisément, dans un de ces vides, l'erreur est en relation avec la durée des éclipses. Or, quand elles ont lieu toutes les minutes, elles durent de 2 à 3 secondes, rarement moins, et dix fois plus ou presque, si elles sont simplement horaires.

Dans le second, existant dans les types Zöllner légers, Rebeur et Ehlert, il faut déterminer la parallaxe, nulle dans le cas où les rayons réfléchis par tous les miroirs se trouvent dans la même ligne, génératrice du cylindre récepteur, cas plus théorique que fréquent.

Dans le troisième procédé, utilisé dans les modèles MILNE marchant 60 millimètres par heure, il faut connaître très exactement la *parallaxe* de l'horloge Waltham, dont l'aiguille à minutes suffisamment prolongée et munie d'une lamelle noircie de mica, doit produire les interruptions de lumière. Cette détermination doit se faire chaque fois qu'on a dérangé, tant soit peu, la position de l'horloge chronographe, dont les plus petites déviations, surtout les angulaires, peuvent se traduire par des chiffres nullement négligeables.

Dans les sismographes à enregistrement mécanique les inscriptions pour signaler les heures et les minutes peuvent se trouver dans la même ligne tracée par l'instrument, ce qui exclue la parallaxe. Les marques horaires peuvent être représentées ou par des interruptions dans le graphique, ou par de légères déviations du stylet.

Les interruptions ont été étudiées quand nous avons parlé de l'enregistrement photographique. Il n'y a donc pas à y revenir. Les petites déviations telles qu'offrent, p. ex. les sismogrammes des pendules Wiechert récents et des Cartuja, quoique obtenues par de procédés différents, nous semblent préférables, car, non seulement la parallaxe en est exclue, mais aussi les marques des minutes et des heures empêchent moins la détermination du moment précis de l'arrivée d'une onde, que le manque du tracé.

Quand les marques de l'heure ne se trouvent pas exactement dans le même tracé, alors l'existence d'une parallaxe est presque certaine.

Parfois un stylet, convenablement adapté à un électro-aimant, trace une ligne droite, dont les déviations, produites par des fermetures du circuit, indiquent les heures et les minutes. D'autres fois le passage du courant électrique abaisse un stylet, dont la pointe trace une ligne plus ou moins grosse, selon qu'elle est plus ou moins obtuse, et dont la longueur dépend de la durée du contact et de la marche du récepteur.

Le premier système est le plus ordinaire dans les modèles Agamennone, Cancani, Omori, Omori-Alfani, Vicentini. Le second est particulier aux Omori-Bosch, ou pendules lourds de Strasbourg.

Dans le premier cas, le stylet inscripteur du pendule, et celui du chronographe, tracent des lignes parallèles, ou à peu près, si aucun mouvement n'agite le pendule. Si la ligne joignant les pointes écrivantes du ou des stylets inscripteurs à celle du chronographe était parfaitement droite et si elle suivait la génératrice du cylindre, la parallaxe serait nulle. Dans le cas contraire, le plus ordinaire, il faut bien tenir compte de sa valeur peut être plus ou moins grande, positive ou négative, mais rarement négligeable.

Notre but n'est pas d'indiquer la manière de déterminer ces causes d'erreur, mais seulement de les signaler en général. Nous reviendrons, cependant sur deux cas particuliers.

Dans le pendule VICENTINI les stylets inscripteurs sont en verre filé, longs, minces et assez flexibles. Chaque fois qu'il faut changer les bandes on abaisse le cylindre enregistreur et on le monte après, de façon qu'un léger contact s'établisse entre les bouts arrondis des stylets et la bande de papier noirci. Il faut donc déterminer la parallaxe au moins chaque fois qu'on change la bande, car la longueur des stylets inscripteurs, et par conséquent, la valeur de la parallaxe change aussi avec la pression, qui les allonge, si celle-ci augmente.

L'emploi de marques faites à des moments déterminés est moins à recommander. D'abord l'existence d'une parallaxe, d'au moins 4 secondes, est inévitable, car il faut éviter le choc entre le stylet du chronographe et celui du sismographe, de peur d'abîmer celui-ci. Ensuite, pour peu que la longueur correspondante du pendule soit considérable, et que les changements de température de la localité soient importants, les marques de l'heure ne se trouvent plus en face des points tracés au même temps par le stylet inscripteur, et des erreurs dans l'analyse des marques horaires sont on ne peut plus faciles. Et il faut bien en convenir que de prendre les marques correspondantes à une heure, qui n'est pas précisément celle, où se traça le point du graphique que l'on étudie, aurait des suites bien fâcheuses.

## Déterminations dynamiques des modules d'élasticité de Young des roches.

Par

EMILIO ODDONE.

Je décris dans cet annexe quelques recherches théoriques et expérimentales sur une nouvelle méthode dynamique pour la détermination des modules d'élasticité de Young des roches.

La méthode est de percussion, selon l'appareil que montre la fig. 1<sup>re</sup>. Par un déclenchement que l'opérateur peut produire au sommet d'un tube en verre, une petite bille d'acier tombe d'une faible hauteur connue, sans vitesse initiale et sans aucun moment rotatoire. Les détails de cet appareil de déclenchement sont dessinés à la fig. 2<sup>me</sup>.

La bille choque sur la roche polie située horizontalement au bas de l'appareil. La roche est superficiellement enduite de noir de fumée et je mesure avec un microscope micrométrique, par la méthode indiquée dans la fig. 3<sup>me</sup>, la surface de contact entre la bille et la roche.

Cette surface de contact est généralement circulaire,<sup>1</sup> et une fois connu son rayon  $a$ , la pression  $P$  que la bille exerce sur la pierre à l'instant de la plus grande compression, le rayon  $r$  de la bille et le module d'élasticité  $\vartheta_1$  de la bille d'acier; on peut calculer le module d'élasticité de la roche. La théorie est de M. HERTZ.<sup>2</sup>

Le déplacement  $\alpha$  du centre de gravité de la bille par rapport à la roche, dans le sens du mouvement, est en raison composée de plusieurs éléments, entre autres de la pression  $P$  et des coefficients élastiques  $\vartheta_1$  et  $\vartheta_2$  de la bille et de la roche.<sup>3</sup>

Cela s'écrit de la manière suivante :

$$\alpha = \frac{3}{4} P (\vartheta_1 + \vartheta_2) \int_0^\infty \frac{d\phi}{(a^2 + \phi) \sqrt{\phi}}$$

L'autre relation entre la surface de contact de rayon  $a$  et les mêmes éléments, s'écrit :

$$\frac{1}{2R} = \frac{3}{4} P (\vartheta_1 + \vartheta_2) \int_0^\infty \frac{d\phi}{(a^2 + \phi)^{3/4} \sqrt{\phi}}$$

<sup>1</sup> Nous verrons à la suite que les roches abyssales le plus souvent en présentent isotropes et les roches superficielles ou stratifiées montrent l'isotropie transversale.

<sup>2</sup> Dans son „Lehrbuch der Elastizität“, Leipzig, 1907, M. Love parle ainsi de cette théorie : „Viel erfolgreicher erwies sich die Hertz'sche Theorie, die man aus einer Lösung jenes Problems gewinnt, das wir das Problem der Kraftausbreitung nannten. HERTZ stellte über einen besonderen Fall desselben, den zweier gegeneinander gedrückter Körper, eine selbständige Untersuchung an. Er schlug vor, die in ihnen durch den Stoss hervorgerufene Verzerrung als örtliche statische Wirkung anzusehen, die allmählich entsteht und allmählich wieder verschwindet; und er fand Mittel und Wege, die Dauer des Stosses und Umfang und Gestalt der zur Berührung kommenden Teile zu bestimmen. Die Theorie gestattete einen befriedigenden Vergleich mit dem Experiment.“ (Pag. 31.)

<sup>3</sup> Il sera question ici seulement du coefficient élastique  $\vartheta_2$  lié à l'onde dilatationale. Les autres coefficients élastiques (généralement quatre) ne sont pas considérés ici.

Les deux intégrales binomes ne sont pas difficiles à résoudre. En faisant dans le premier  $\sqrt{\psi} = x$ , on a  $\psi = x^2$ ,  $d\psi = 2x dx$ , et :

$$\int_0^\infty \frac{d\psi}{(a^2 + \psi)\sqrt{\psi}} = \int_0^\infty \frac{2 dx}{(a^2 + x^2)} = \int_0^\infty \frac{2}{a^2} \frac{dx}{\left(1 + \frac{x^2}{a^2}\right)} = \left[ \frac{2}{a} \operatorname{arctg} \frac{x}{a} \right]_0^\infty$$

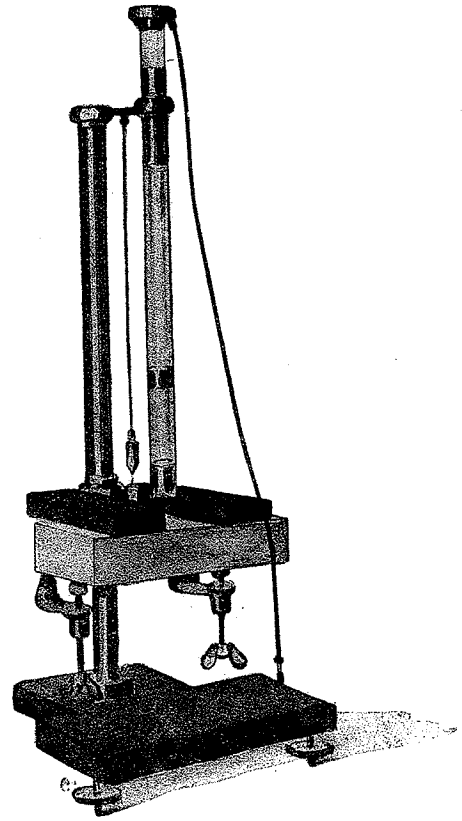


Fig. 1. Appareil de percussion et de restitution.

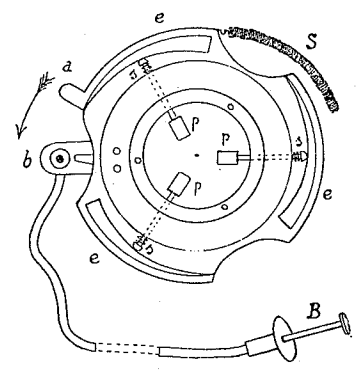


Fig. 2. Iris de déclenchement.

L'arc, qui a pour tangente l' $\infty$  est  $\frac{\pi}{2}$  ; celui qui a pour tangente zéro, est zéro, donc :

$$\int_0^\infty \frac{d\psi}{(a^2 + \psi)\sqrt{\psi}} = \frac{\pi}{a}$$

et

$$\alpha = \frac{3}{4} \frac{\pi}{a} P (\vartheta_1 + \vartheta_2) \dots \dots \dots (1)$$

On trouve de même pour la seconde intégrale :

$$\alpha^3 = \frac{3}{4} \frac{\pi}{a} R P (\vartheta_1 + \vartheta_2) \dots \dots \dots (2)$$

En posant dans la (2) le  $P$  que l'on obtient de la (1) il vient :  $a = (R\alpha)^{1/2} \dots \dots (3)$

En observant que dans la (2)  $P = \text{Const} \times \alpha^3$ , on aura par la (3) :

$$P = \text{Cost} (R\alpha)^{3/2} \text{ ou bien } P = K_2 \alpha^{3/2} \dots \dots \dots (4)$$

Ce  $P$  est une pression statique, à laquelle il faut substituer une pression dynamique.  
Et il vient :

$$- P = \text{masse} \times \frac{d\alpha'}{dt} = \text{masse} \times \frac{d^2\alpha}{dt^2} = \text{masse} \times \alpha''$$

étant :

$$\alpha' = \frac{d\alpha}{dt}$$

par suite :

$$- P = m \alpha''$$

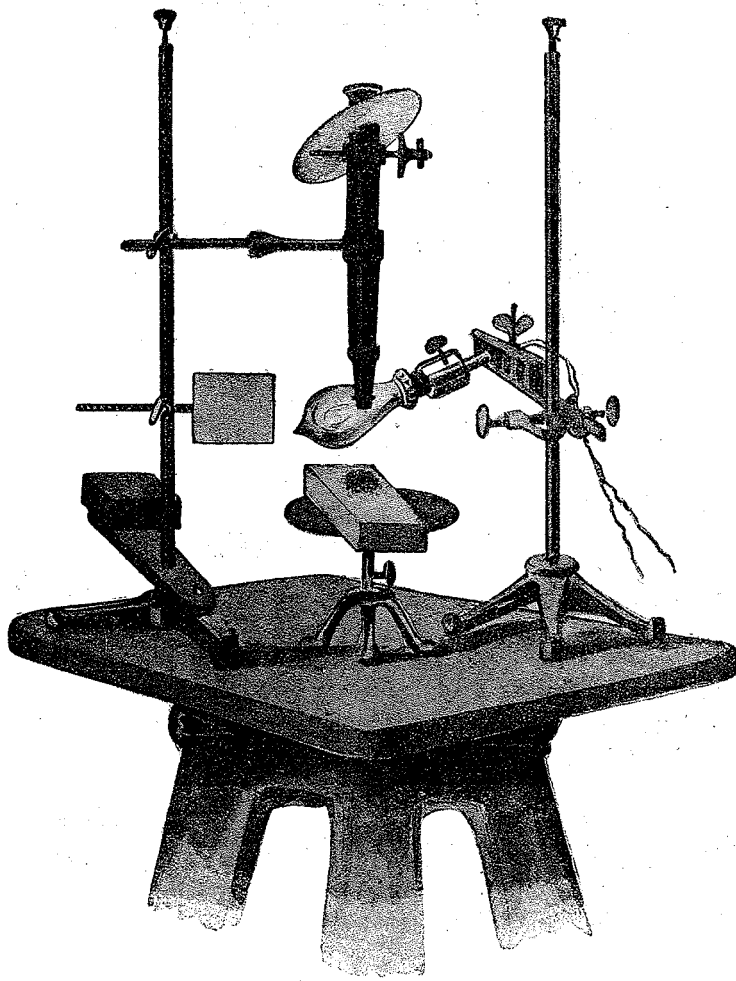


Fig. 3. Le microscope micrométrique.

et par la (4) :

$$- K_2 \alpha^{3/2} = m \alpha''$$

c'est-à-dire :

$$\alpha'' = - \frac{K_2}{m} \alpha^{3/2}.$$

Cette équation se laisse intégrer.

On en tire :

$$\alpha'^2 - \alpha_0'^2 = - \frac{4}{5} \frac{K_2}{m} \alpha^{5/2}$$

où  $\alpha'_0$  est la valeur initiale de  $\alpha'$ , c'est-à-dire la vitesse d'approche de la bille avant le choc.

La valeur maxima de  $\alpha$  à l'instant de la compression maxima arrive quand  $\alpha' = 0$ . Alors :

$$\alpha'_0{}^2 = \frac{4}{5} \frac{K_2}{m} \alpha_1^{5/2} \quad \text{et} \quad \alpha_1 = \left[ \frac{5}{4} \frac{\alpha'_0{}^2 m}{K_2} \right]^{2/5} \dots \dots \dots (5)$$

Au lieu de  $K_2$  j'écris, par la (4),  $K_2 = \frac{P}{\alpha_1^{3/2}}$ , où je substitue à  $P_1$  la valeur spéciale obtenue

de la (1)  $P_1 = \frac{4 a_1 \alpha_1}{3 \pi (\vartheta_1 + \vartheta_2)}$  que par la (3) j'écris :

$$P_1 = \frac{4 (R \alpha_1)^{1/2} \alpha_1}{3 \pi (\vartheta_1 + \vartheta_2)} = \frac{4 R^{1/2} \alpha_1^{3/2}}{3 \pi (\vartheta_1 + \vartheta_2)}$$

Alors il vient

$$K_2 = \frac{4 R^{1/2}}{3 \pi (\vartheta_1 + \vartheta_2)}$$

Et la (5) pourra encore s'écrire :

$$\alpha_1 = \left[ \frac{5}{4} \frac{\alpha'_0{}^2 m}{\frac{4 R^{1/2}}{3 \pi (\vartheta_1 + \vartheta_2)}} \right]^{2/5} = \frac{\left[ \frac{15}{16} \pi \alpha'_0{}^2 (\vartheta_1 + \vartheta_2) m \right]^{2/5}}{R^{1/5}}$$

qui substituée dans la (3) donne :

$$\alpha_1 = \frac{R^{1/2}}{R^{1/10}} \left[ \frac{15}{16} \pi \alpha'_0{}^2 (\vartheta_1 + \vartheta_2) m \right]^{2/5 \times 1/2}$$

et

$$\vartheta_1 + \vartheta_2 = \frac{16 \alpha_1^5}{15 R^2 \pi \alpha'_0{}^2 m}$$

formule dont les membres de gauche et de droite ont les égales dimensions  $\frac{L T^2}{M}$ .

Exprimons  $\vartheta_1$  et  $\vartheta_2$  en fonction de  $E_1$  et  $E_2$  c'est-à-dire en fonction des modules de Young. Ce que vaut pour  $\vartheta_1$  vaudra aussi pour  $\vartheta_2$ .

Rappelons que l'expression de  $\vartheta_1$  en fonction de la vitesse de propagation  $V_1$ , de la densité  $\rho_1$  et du coefficient de Poisson  $\sigma_1$  est :

$$\vartheta_1 = \frac{(1 - \sigma_1)^2}{\pi V_1^2 \rho_1 (1 - 2 \sigma_1)} \quad \text{ou bien} \quad \vartheta_1 = \frac{\lambda_1 + 2 \mu_1}{4 \pi \mu_1 (\lambda_1 + \mu_1)}$$

Dans la terminologie de Lamé (1828) est :

$$V_1^2 = \frac{\lambda_1 + 2 \mu_1}{\rho_1}$$

$\mu_1$  caractérise la rigidité;  $\lambda_1 + \frac{2}{3} \mu_1$  le module de compression.

On aura donc :

$$\vartheta_1 = \frac{(1 - \sigma_1)^2}{\pi \frac{\lambda_1 + 2 \mu_1}{\rho_1} \rho_1 (1 - 2 \sigma_1)} = \frac{(1 - \sigma_1)^2}{\pi (\lambda_1 + 2 \mu_1) (1 - 2 \sigma_1)} \dots \dots \dots (6)$$

Or, nous savons que le module de Young vaut :

$$E_1 = \frac{\mu_1 (3 \lambda_1 + 2 \mu_1)}{\lambda_1 + \mu_1}$$



ce qui donne :

$$E_1 \lambda_1 + E_1 \mu_1 = 3 \mu_1 \lambda_1 + 2 \mu_1^2, \text{ ou bien : } \lambda_1 (E_1 - 3 \mu_1) = 2 \mu_1^2 - E_1 \mu_1$$

et enfin

$$\lambda_1 = \frac{2 \mu_1^2 - E_1 \mu_1}{E_1 - 3 \mu_1}.$$

On a encore :

$$\sigma_1 = \frac{\lambda_1}{2 (\lambda_1 + \mu_1)}$$

$$\sigma_1 = \frac{\frac{2 \mu_1^2 - E_1 \mu_1}{E_1 - 3 \mu_1}}{2 \left[ \frac{2 \mu_1^2 - E_1 \mu_1}{E_1 - 3 \mu_1} + \mu_1 \right]} = \frac{E_1 - 2 \mu_1}{2 \mu_1},$$

ce qui donne :

$$\mu_1 = \frac{E_1}{2 (1 + \sigma_1)}.$$

La (6) devient ensuite :

$$\vartheta_1 = \frac{(1 - \sigma_1)^2}{\pi \left[ \frac{2 \frac{E_1^2}{4 (1 + \sigma_1)^2} - \frac{E_1^2}{2 (1 + \sigma_1)}}{E_1 - 3 \frac{E_1}{2 (1 + \sigma_1)}} + 2 \frac{E_1}{2 (1 + \sigma_1)} \right] (1 - 2 \sigma_1)}$$

$$\begin{aligned} \vartheta_1 &= \frac{(1 - \sigma_1)^2}{E_1 \pi \left[ \frac{4 (1 + \sigma_1) - 4 (1 + \sigma_1)^2}{8 (1 + \sigma_1)^3} \frac{2 (1 + \sigma_1)}{2 (1 + \sigma_1) - 3} + \frac{2}{2 (1 + \sigma_1)} \right] (1 - 2 \sigma_1)} \\ &= \frac{(1 - \sigma_1)^2}{E_1 \pi \left[ \frac{2 (1 + \sigma_1) - 2 (1 + \sigma_1)^2 + 4 (1 + \sigma_1)^2 - 6 (1 + \sigma_1)}{4 (1 + \sigma_1)^3 - 6 (1 + \sigma_1)^2} \right] (1 - 2 \sigma_1)} \\ &= \frac{(1 - \sigma_1)^2}{E_1 \pi \left[ \frac{\sigma_1 - 1}{2 (1 + \sigma_1)^2 - 3 (1 + \sigma_1)} \right] (1 - 2 \sigma_1)} \end{aligned}$$

Pour  $\sigma_1 = 0,3$  il vient :

$$\vartheta_1 = \frac{0,9}{\pi E_1},$$

et pareillement

$$\vartheta_2 = \frac{0,9}{\pi E_2}.$$

Pour  $\sigma_1 = 0,2$  on obtient :  $\vartheta_1 = \frac{1,25}{\pi E_1}$  ; et  $\vartheta_2 = \frac{1,25}{\pi E_2}$ .

Si  $\sigma_1$  aura quelque autre valeur particulière on en tiendra compte dans le calcul des modules  $\vartheta_1$  et  $\vartheta_2$ .

C'est à ces modules-ci que nous avons donné le nom de *modules de percussion*.

$R, m, \alpha'_0, E_1$  sont constantes,  $E_2$  est fonction de  $a_1$ . La précision dans la mesure de  $a_1$  donnera la valeur plus ou moins approximative de  $E_2$ .

Pour nous former un critérium sur l'approximation du résultat, faisons :

$$\frac{16}{13.1 R^2 m \alpha_0'^2} = c \quad \text{et} \quad \frac{1}{E_1} = b$$

La (8) ci dessous devient alors

$$E_2 = \frac{1}{ca_1^5 - b}$$

Posons

$$ca_1^5 - b = x$$

alors :

$$E_2 = \frac{1}{x}; \quad \frac{dE_2}{da_1} = \frac{dE_2}{dx} \frac{dx}{da_1} = -\frac{1}{x^2} 5 ca_1^4$$

et

$$\frac{dE_2}{E_2} = -\frac{5 ca_1^4}{ca_1^5 - b} da_1$$

Au microscope micrométrique, qui résout la deux centième partie du millimètre, nous saurons mesurer le rayon  $a_1$  de la surface de pression à moins de 0.001 mm. Cela donne  $da_1 = 0.0001$  cm et l'on aura :

$$\frac{d E_2}{E_2} = -\frac{5 ca_1^4}{ca_1^5 - b} 10^{-4}$$

Dans le cas le plus fréquent, de  $\sigma_1 = 0.3$  la (6) devient :

$$\frac{0.9}{\pi E_1} + \frac{0.9}{\pi E_2} = \frac{16 a_1^5}{15 R^2 \pi \alpha_0'^2 m} \dots \dots \dots (7)$$

La bille qui tombe a été choisie d'acier pour lequel est  $\sigma_1 = 0.294$  (KIRCHHOFF 1850) et  $E_1 = 20.4 \times 10^{11}$  (AMAGAT).  $R, v^2$  et  $m$  sont fournis par l'observation. Il résulte alors :

$$\frac{0.9}{E_2} = \frac{16 a_1^5}{15 R^2 \alpha_0'^2 m} - \frac{0.9}{E_1}$$

et la formule générale pour les substances ayant un coefficient de Poisson proche à 0.3 devient :

$$E_2 = \frac{1}{\frac{16 a_1^5}{13.1 R^2 m \alpha_0'^2} - \frac{1}{E_1}} \dots \dots \dots (8)$$

Alors :

$$-\frac{d E_2}{E_2} = 0.03$$

Puisque  $\frac{da_1}{a_1} = \frac{1}{250}$  et  $-\frac{d E_2}{E_2} = \frac{3}{100}$  et comme il y a de la proportionnalité, une faute dans le  $\frac{da_1}{a_1}$  de  $\frac{1}{100}$  (rappelons que nous pouvons opérer 2.5 fois plus exactement) donnerait  $-\frac{d E_2}{E_2} = \frac{7.5}{100}$ . Un module égal par exemple à  $10 \times 10^{11}$  pourrait être trouvé égal à  $10.75 \times 10^{11}$  ou bien à  $9.25 \times 10^{11}$ .

La résistance de l'air comporte une correction de la vitesse de chute. C'est comme si la bille tombait dans le vide d'une hauteur moindre de celle  $H$  parcourue dans l'air.

La vitesse de chute  $\alpha'_{\text{corrigée}}$  à l'instant où la bille touche la roche, en fonction de la vitesse  $\alpha'_0$  non corrigée s'exprime par la formule :

$$\alpha'_{\text{corrigée}} = \frac{\alpha'_0}{\sqrt{1 + \frac{\alpha'_0{}^2 k}{g}}}$$

$k$  pour les surfaces sphériques vaut  $5 \times 10^{10}$  (cm), ce qui montre tout de suite que  $\alpha'_{\text{corrigée}}$  ne peut pas sensiblement différer de  $\alpha'_0$ .

La question des vitesses de propagation des ondes élastiques intéresse généralement ceux qui s'occupent des modules. Il sera donc utile dès à présent d'en fixer le degré de précision.

Étant  $V_2 = K \sqrt{E_2}$ ; l'approximation de cette quantité sera donnée par  $dV_2 =$

$$\frac{1}{2} K \frac{d E_2}{\sqrt{E_2}} \text{ ou bien } \frac{d V_2}{V_2} = \frac{1}{2} \frac{d E_2}{E_2}.$$

Si  $\frac{d a_1}{a_1}$  égale  $\frac{1}{250}$ ,  $\frac{d V_2}{V_2}$  vaudra  $\frac{1.5}{100}$ ; si  $\frac{d a_1}{a_1}$  atteint seulement  $\frac{1}{100}$ ,  $\frac{d V_2}{V_2}$  vaudra

toujours encore  $\frac{3.75}{100}$ .

Lorsqu'on observe au microscope micrométrique la tache circulaire, celle-ci se montre très souvent entourée d'un anneau (voir les dessins de la figures 4<sup>me</sup>).

Je me suis assuré de ce que cet anneau ne fait pas partie de la *surface de pression*. Dans la mesure du rayon  $a_1$  j'ai donc laissé de côté l'épaisseur de l'anneau circulaire et les bons résultats

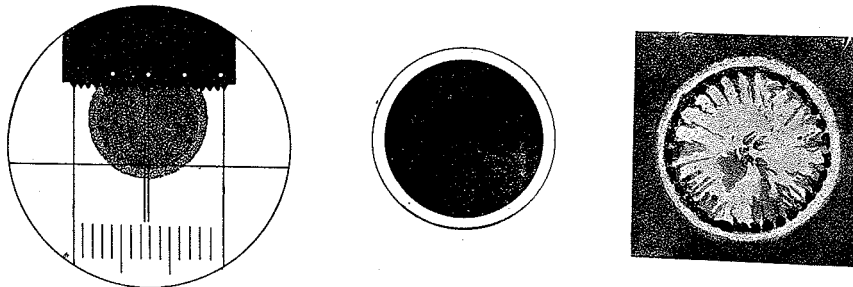


Fig. 4. Taches sur le porphyre, la syénite et le travertin compact.

obtenus m'ôtent la-dessus toute incertitude. Selon moi l'anneau est simplement dû à la démarcation entre les parties élastiquement comprimées par la bille et les parties rocheuses qui se réhaussent élastiquement.

Dans mes expériences, le rayon de la bille était constant, égal à 0.32 cm et la masse constante égale à 1.02 gr. Pour la densité de l'acier j'ai retenu  $\rho_1 = 7.8$ . La bille tombait d'une hauteur de 45 cm, en conséquence  $\alpha'_0$  valait  $\sqrt{2 \times 980.6 \times 45.0} = 297.1$  cm.

Par cette méthode un lingot d'acier allemand trempé (dont les dimensions étaient de  $20 \times 10 \times 5$  cm) m'a fourni la valeur  $a_1 = 0.0243$  cm.

Il vient :

$$E_2 = E_1 = 17.5 \times 10^{11}.$$

Un autre lingot d'acier anglais trempé de mêmes dimensions me donna  $a_1 = 0.0235$ .  
Cela donne :

$$E_2 = E_1 = 20.7 \times 10^{11}.$$

Or la valeur du module d'élasticité de Young de l'acier varie de  $18 \times 10^{11}$  selon Amagat, à  $20.4 \times 10^{11}$  selon Everett.

Ainsi pour la fonte de fer, ma méthode me donna  $a_1 = 0.0262_5$ , partant :

$$E_2 = 11.5 \times 10^{11}$$

et M. WERTHEIM assigne à la fonte la valeur  $11.7 \times 10^{11}$ .

A la suite des bons résultats que je viens d'exposer, j'appliquai la méthode à étudier les modules élastiques de percussion des roches.

La collection des roches polies que le Corps Royal des Mines à Rome mit à ma disposition est une des plus somptueuses connues. Les échantillons s'y distinguent par leur beauté et leur grandeur ( $20 \times 10 \times 5$  cm.).

Les trichromies qui accompagnent ce mémoire aux Tables II et III montrent l'excellence du matériel employé dans mes recherches, difficile d'être trouvé ailleurs qu'à Rome, la ville monumentale par excellence.

Et voici maintenant quelques chiffres :

Tableau I.

Roche	Rayons des surfaces de pression	Modules élastiques de Young $E_2$	Coefficient de restitution $\Sigma$
Porphyre rouge ancien . . .	0,0234	$21.9 \times 10^{11}$	0.96
"    vert    "    . . .	0,0236	20.1 "	0.96
Améthyste. . . . .	0,0236	19.9 "	0.96
Diorite de Corse . . . . .	0,0245	14.3 "	0.93
Syénite de Piémont . . . . .	0,0251	12.1 "	0.92
Granit d'Elbe . . . . .	0,0256	10.1 "	0.89
Gneiss du Gothard <sup>1</sup> . . . . .	0,0262	8.4 "	0.88
Travertin de Tivoli . . . . .	0,0280	5.5 "	0.86
Botticino de Brescia . . . . .	0,03045	3.3 "	0.835

Les chiffres dans la deuxième et troisième colonne sont absolues, celles dans la quatrième sont relatives. A ce propos je rappelle au lecteur que mon appareil se prête d'une manière extrêmement simple aux mesures relatives, fournissant bien facilement un coefficient  $\Sigma$  que je prouverai être en relation avec le module élastique de Young.

Le coefficient de percussion ou de restitution a pour expression

$$\Sigma = - \frac{u}{v} = - \sqrt{\frac{h}{H}}$$

où  $H$  est l'hauteur de laquelle tombe la bille et  $h$  l'hauteur de son rebondissement:  $u$  et  $v$  sont les vitesses de la bille au moment du choc et du rebondissement.

La  $H$  doit être une hauteur modérée, telle que la bille tombante ne surpasse pas la limite

<sup>1</sup> Pour le gneiss les chiffres se rapportent à l'onde dilatationale qui se propage normalement au plan de clivage.

Tableau II.

Dénomination des roches	Provenance	Poids spécifiques	Coefficient élastique de restitution normalement à		
			la	ab	lb
Tuf . . . . .	Syracuse	1.63	0.307	0.326	0.340
Tuf volcanique . . . . .	Campagne romaine	1.3	0.423	0.440	0.437
Calcite . . . . .	Provenance inconnue	2.7	0.683	0.674	—
Grès micacé . . . . .	Chine	2.9	0.695	0.670	0.683
Grès ou pietra serena . . . . .	Segni	2.80	0.722	0.750	0.742
Marbre blanc statuaire . . . . .	Lunense	2.58	0.760	0.745	0.736
Tuf trachytique . . . . .	Caserta	2.2	0.774	0.752	0.814
Calcaire lithographique . . . . .	Volterra	2.6	0.788	0.788	—
Calcaire lumachelle . . . . .	Vérone	2.8	0.795	0.792	0.795
Lave basaltique . . . . .	Latium	2.82	0.806	0.812	0.825
Marbre commun . . . . .	Carrare	2.7	0.806	—	—
Albâtre oriental osseux . . . . .	Rome antique	2.8	0.806	0.709	0.789
Botticino . . . . .	Brescia	2.64	0.812	0.810	0.835
Brèche rougeâtre . . . . .	Rome antique	2.65	0.833	0.769	—
Serpentine ou Brèche ophiolithique . . . . .	"	2.7	0.833	0.846	0.837
Serpentine veinée . . . . .	Pompei	2.6	0.835	0.858	—
Lave . . . . .	Vésuve	2.8	0.835	0.827	0.848
Calcaire noir . . . . .	Catanzaro	2.9	0.843	0.797	—
Travertin compact . . . . .	Tivoli ?	2.7	0.865	0.861	0.857
Lave basaltique . . . . .	Etna	2.7	0.878	0.871	0.881
Calcaire gris brecciato . . . . .	Alpes Apuanes	2.7	0.889	—	—
Fluorite . . . . .	Yorkshire, Angleterre	3.02	0.889	0.908	0.894
Trachyte . . . . .	Crimée	2.8	0.891	0.895	0.875
Diabase . . . . .	Volterra	2.9	0.894	0.949	0.916
Granit . . . . .	Elbe	2.5	0.88	—	—
Gneiss . . . . .	Iselle (Gothard)	2.5	0.89	—	—
Granit rose . . . . .	Baveno	2.58	0.905	0.883	0.889
Brèche fossilifère . . . . .	Spezia	2.8	0.914	0.914	0.903
Granit . . . . .	Sardaigne	2.84	0.916	0.918	0.916
Serpentine dure, néphrétique . . . . .	Savone	2.7	0.918	0.923	0.929
Labradorite . . . . .	Kiew, Russie	2.91	0.919	0.918	0.932
Syénite . . . . .	Novare	—	0.919	—	—
Serpentine noire vitreuse . . . . .	Prato	2.7	0.921	0.943	0.945
Diorite orbiculaire . . . . .	Corse	2.80	0.921	0.926	0.905
Porphyre rouge . . . . .	Rome antique	2.7	0.922	0.934	0.934
Lapislazuli . . . . .	Cuba, Antilles	2.68	0.940	0.921	0.931
Porphyre rouge . . . . .	Rome antique	2.82	0.956	0.956	0.956
Porphyre vert . . . . .	Fiesole fouilles	2.87	0.957	0.958	0.957
Jaspe veinée . . . . .	Sicile	2.81	0.966	0.967	0.966
Quartz-Agate . . . . .	Volterra	2.61	0.966	0.957	0.958
Améthyste . . . . .	Provenance inconnue	2.70	0.967	0.947	0.954
Acier trempé . . . . .	Angleterre	7.8	0.957	—	—
Acier trempé . . . . .	Allemagne	7.8	0.956	—	—
Verre . . . . .	?	2.5	0.893	—	—
Fer doux . . . . .	Allemagne	7.8	0.818	—	—
Acier non trempé . . . . .	Angleterre	7.8	0.763	—	—
Fonte de fer . . . . .	Italie (Ciapetti)	7.2	entre 0.76 et 0.67	—	—
Acier non trempé . . . . .	Allemagne	7.8	0.663	—	—

d'élasticité ou de dureté de la roche. Ce  $\Sigma$ , donnant l'élasticité du corps est une fraction comprise entre le zéro et l'unité. Pour les matériaux parfaitement élastiques  $\Sigma$  égalerait l'unité, pour les matériaux dénués d'élasticité  $\Sigma$  vaudrait zéro.

Les courbes des fig. 5 et 6 de la Table I<sup>re</sup> montrent par leur marche régulière qu'il y a relation entre les coefficients élastiques, les rayons des surfaces de pression et les modules de Young.

Le Tableau II qui va suivre, donne le coefficient de restitution pour une quarantaine des principales roches de la croûte terrestre. J'ai préféré donner ce coefficient, au lieu du module, parce que sa détermination est plus sûre. Moyennant la courbe de la fig. 6 le lecteur pourra lui même passer des coefficients élastiques ou de percussions, aux modules élastiques de Young (ordonnées).

$la$ ,  $ab$ ,  $lb$  sont les trois plans normaux du parallélépipède, de manière que le Tableau offre pour une même roche les coefficients de restitution sur trois surfaces normales dont la première généralement est de clivage. (Voir le Tableau II, pages 245.)

Quels sont les résultats des diverses déterminations qui font l'objet de mon travail?

D'abord et en général, les modules élastiques trouvés par mes deux méthodes, vraiment dynamiques, fournissent des valeurs plus hautes que l'on n'avait obtenu par les méthodes anciennes. Par ex. M. KUSAKABE avait trouvé pour les granits, des valeurs comprises entre 4.6 et  $4.9 \times 10^{11}$ ; ADAMS et COKER des chiffres variables entre 3.9 et 5.6. Par ma méthode j'arrive à  $10 \times 10^{11}$ . Toutefois il y a des exceptions: Pour les calcaires, les valeurs trouvées par les susdits expérimentateurs vont de 5.2 à  $8.6 \times 10^{11}$ , tandis que par ma méthode, la valeur des modules se maintient à  $5.5 \times 10^{11}$ . Contrairement à ce qu'on avait retenu jusqu'ici, je trouve que les granits comportent un module élastique de percussion supérieur à celui des calcaires.

Des résultats plus importants surgissent lorsqu'on passe du module aux vitesses.

La vitesse de propagation des ondes planes longitudinales dans un milieu isotrope illimité est donné par la formule:

$$V_l = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{1 - \sigma}{1 - \sigma - 2\sigma^2}}$$

qui, laissant de côté  $\sigma^2$  se réduit à

$$V_l = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Toutes les roches n'ont pas la même importance dans la propagation d'un téléseisme.

Les calcaires, limités aux portions superficielles de la croûte terrestre, en ont très peu. Les roches plutoniennes acides ou basiques, comme par ex. les granits, les syénites, les diorites, les porphyres en ont certainement de plus.

Or les vitesses de propagation, déduites des modules élastiques que je viens de trouver par la méthode de percussion et de la densité respective des mêmes roches, sont de 6.2 à 7 km/sec. pour les granits; 7.5 pour les syénites; 8 pour les diorites; 8.8 pour les porphyres.

Ces vitesses ne diffèrent pas tant les unes des autres que nous ne puissions en faire la moyenne; ce qui porte à 7.7 km/sec. la vitesse de propagation des ondes longitudinales dans les roches qui sont la partie fondamentale de la croûte terrestre. Eh bien, la valeur moyenne de la vitesse superficielle des premiers avant-coureurs pour les distances épacentrales depuis 100 jusqu'à 500 km dans neuf directions de la rose des vents qui a pour centre Aix-la-Chapelle, a été trouvé par le PROF. K. HAUSSMANN, égale à 6.4 km/sec. avec les valeurs extrêmes suivantes: 6.1 e 6.9. MM. ZOEPPRITZ et GEIGER l'ont trouvé égale à 7, 2; et M. le PROF. G. B. RIZZO a démontré que la vitesse des mêmes premières ondes, pour les distances épacentrales depuis 500 jusqu'à 1500 km était de 7.8 km/sec.!

J'ai donc obtenu au laboratoire, les mêmes vitesses dilatationales que la sismologie attribue aux vitesses des ondes longitudinales lorsque ces dernières pénètrent dans la couche siège de ces roches.

Le second résultat qui ressort du dernier Tableau est que parmi les roches les plus importantes de la lithosphère, plusieurs ont à peu près le même coefficient élastique dans les trois directions normales. Ainsi les roches de provenance plutonienne, endogène ou abyssale: les porphyres, les granits, les trachytes, et quelques calcaires témoignent d'une isotropie de ces roches comme on n'en s'attendait guère. L'anisotropie est propre surtout aux roches stratifiées et on y retrouve un, souvent deux axes de symétrie. Dans le premier cas on les appelle roches isotrope-transversales. A part ces roches superficielles visiblement stratifiées, ou assujeties à des efforts mécaniques inégaux dans les différentes directions, mes observations montrent que l'isotropie par couches concentriques est l'état normal du matériel rocheux dans les profondeurs de la Terre.

Et nous savons que les équations du rayon sismique dilatational dans l'intérieur de la Terre fournies par l'hodographe, confirment cette isotropie par couches concentriques.

Rome. R. Ufficio Centrale di Meteorologia e di Geodinamica.

## On the Earthquake and Elevation Phenomena, which accompanied the Usu-san eruption of 1910.

By

F. OMORI.

1. *Introduction.* The eruption of the Usu-san (province of Ihuri, Hokkaido), which began in the latter part of July 1910, and which resulted in the formation of nearly 50 craterlets, was preceded and accompanied by numerous earthquakes. The epoch of the maximum explosive activity, which was brought to an end at the commencement of August, was followed by a remarkable event of mountain elevation: this being probably an unique instance of a rapid upheaval of ground other than the formation of a lava spine or lava dome. The present author visited the scene of disturbance soon after the commencement of the eruption, namely, from July 30<sup>th</sup> to Aug. 10<sup>th</sup>, and again, after three months, from the 7<sup>th</sup> to the 12<sup>th</sup> in November.

The geographical position of the centre of the Usu-san, whose distances from the two cities of Sapporo and Hakodate are respectively 71.1 and 86.5 km, is:  $\varphi = 42^{\circ} 32' 32''$  N;  $\lambda = 140^{\circ} 50' 06''$  E.

The Usu-san, although small in size, is very characteristic in topographical features, and has an irregularly circular base, about 35 square km in area, being bounded on the north by the Lake of Toya. The nearest distances of the centre of the mountain from the latter and from the Volcano Bay are respectively 2.2 and 4.7 km. As will be understood from the map (Fig. 1), the volcano may be regarded as being essentially composed of a flat plateau-like elevation with a central crater, whose major and minor diameters are respectively about 2.1 km and 1.7 km. The northern and southern halves of the crater wall, whose height is 540 metres, are known respectively as the North Byobu-yama and the South Byobu-yama, on account of the evenness of their edges, the Japanese word „byobu“ signifying a folding-screen. At the ESE part of the crater area, there rises the conspicuous rock dome, 692 metres in height, which is known as O-Usu or Greater Usu. Opposite to the O-Usu, that is, at the WNW part of the crater, there is a massive rock peak, 675 metres in height, known as the Ko-Usu or Smaller Usu, which, although not preserving the same round form as the other, was probably at first also a dome. These huge bodies of rock must have been formed each by the pushing up of molten lava mass which solidified during the process.

### The Usu-san Eruption of 1910.

2. *Premonitory seismic disturbances.* The premonitory earth shakings began already on July 21<sup>st</sup> (1910). On the following day, the 22<sup>nd</sup>, twenty-five shocks were felt at the town of the Nishi-Monbets, which is situated 8.4 km to the S 23° E of the centre of the Usu-san. On the 23<sup>rd</sup>, the number of the shocks increased to 110; the inhabitants of Abuta, Usu, Tokotan, and other villages at the base of the mountain, fearing the occurrence of eruption, had already begun, during the previous night, to leave their homes and seek shelter mostly in Benbe and Nishi-Monbets. In the course of the same day, the people of the last-named town began, in their turn, to flee to Muroran and some other places. As the seismic frequency continued to increase in a marked way, the District Police Authority took, in the evening compulsory measures ordering the people in the



vicinity of the volcano to go out of the radial distance of 3 ri (= 12 km) from the latter. On the 24<sup>th</sup>, the earthquake number at Nishi-Monbets amounted to about 351, the first eruption occurring finally on the 25<sup>th</sup>, at about 10 pm. From the 25<sup>th</sup>, the seismic frequency decreased. The earthquakes were most numerous during some hours previous to the volcanic outburst. This relation can be ascertained more definitely from the observation with an E-W horizontal pendulum seismograph (magnification = 30) at the meteorological observatory of Sapporo, which is situated 71 km to the N36°E of the Usu-san. The first premonitory earthquake recorded at Sapporo occurred on the 21<sup>st</sup> (July) at 4<sup>h</sup> 18<sup>m</sup> 06<sup>s</sup> pm., there being altogether 240 shocks in the interval of the 10 days, July 21<sup>st</sup> to 30<sup>th</sup>, as follows:

**Hourly Number of Earthquakes observed at Sapporo.**  
**July 21<sup>st</sup>—30<sup>th</sup>, 1910.**

Hour \ Day	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0—1 am.	—	—	—	3	4	1	1	—	—	—
1—2	—	—	—	3	5	1	—	—	—	—
2—3	—	—	—	3	5	4	—	1	—	—
3—4	—	—	—	2	5	1	2	—	1	—
4—5	—	—	—	2	5	—	—	—	1	—
5—6	—	—	—	2	3	4	1	—	—	—
Sum	—	—	—	15	27	11	4	1	2	—
6—7	—	—	—	1	5	3	—	—	—	—
7—8	—	—	—	3	5	2	1	—	—	—
8—9	—	—	—	3	6	3	—	—	—	—
9—10	—	1	1	2	2	3	—	—	1	1
10—11	—	—	—	3	2	—	—	1	1	—
11—12	—	1	1	2	2	1	—	2	—	—
Sum	—	2	2	14	22	12	1	3	2	1
0—1 pm.	—	—	2	4	2	—	2	—	—	—
1—2	—	—	1	2	4	—	2	—	—	—
2—3	—	—	3	4	7	1	2	—	—	—
3—4	—	—	1	3	3	—	—	—	—	—
4—5	1	—	1	2	4	—	—	—	—	—
5—6	—	1	1	3	2	1	—	—	—	—
Sum	1	1	9	18	22	2	6	—	—	—
6—7	—	—	1	5	2	—	—	—	—	—
7—8	—	—	2	6	3	—	—	—	2	—
8—9	—	—	2	4	3	—	1	—	—	—
9—10	—	—	1	4	—	1	—	—	—	—
10—11	—	—	2	6	3	—	2	—	—	—
11—12	—	—	4	4	2	—	1	1	—	—
Sum	—	—	12	29	13	1	4	1	2	—
Total Sum	1	3	23	76	84	26	15	5	6	1

According to the above table, the earthquakes were most numerous from 6 pm. on the 24<sup>th</sup> to 9 am. on the 25<sup>th</sup>, during which interval the hourly seismic frequency was nearly constant and had an average value of 4.8 shocks. During the next 13 hours, at the end of which interval the first volcanic explosion took place, the earthquakes were already considerably reduced in number, the average frequency being 2.8 shocks per hour. The mean seismic frequencies during the 12-hours intervals succeeding the first eruption were respectively 2.3 and 0.33 shocks per hour. The rate of increase of the earthquakes between the 22<sup>nd</sup> and the 24<sup>th</sup> is nearly equal to that of their decrease between the latter date and the 26<sup>th</sup>.

To sum up: The premonitory earthquakes which began on the 21<sup>st</sup> (July) attained the maximum frequency during the 15 hours between 6 pm., on the 24<sup>th</sup>, and 9 am., on the 25<sup>th</sup>. The first volcanic eruption took place 13 hours further on. The strongest of these fore-shocks occurred on the 24<sup>th</sup> and 25<sup>th</sup>, as is described in the next §.

3. *Strongest fore-shocks.* The severest among the numerous Usu-san earthquakes occurred on the 24<sup>th</sup> (July) at 3.49 pm., and the next strongest on the 25<sup>th</sup> at 4.39 pm., that is, respectively, 30 and 5½ hours before the first volcanic outburst. In Abuta, these shocks were sufficiently strong to partially destroy two brick ware-houses. It may be noted that the extremely defective construction of these buildings was responsible for the damage done to them. No serious damage was done to the wooden houses in the whole disturbed area. That volcanic earthquakes, whether accompanying an eruption or not, never attain the magnitude of a really destructive shock, as far as Japanese wooden buildings are concerned, has been verified on several other occasions.

4. *Arrangement of craterlets.* The first outburst, which was a small explosion and threw out a quantity of ashes and rock fragments, took place on July 25<sup>th</sup>, at 10 pm., from the NW side of the Kompira-yama. The newly completed Kompira Temple was just in front of, and only about 400 metres from the origin of outburst, and suffered very badly, its roof having been pieced by numerous falling stones, the largest of which was about 10" in diameter. The second explosion, similar to the first, took place on the next day, the 26<sup>th</sup>, at 2.12 pm., from the W side of the same Kompira-yama. In each of these two cases, the eruptive energy was spent by the single explosion, leaving behind, instead of a perfect craterlet, simply a sort of opening or crack formed on soft earth hill side.

The two introductory craterlets were quickly followed by others, some of which made striking paroxysmal explosions for several days. On the 10<sup>th</sup> of August, I could estimate the total number of the craterlets to be at least 28. The explosions from new sites, however, continued to occur till October of the year, such that I counted, on Nov. 12<sup>th</sup>, altogether 45 different craterlets, whose diameters varied from 30 to 250 metres, and whose positions are indicated on the map (Fig. 1).

From the latter it will be observed that the different craterlets, distributed over an extension of 4 km, are arranged in the following definite ways: firstly, along an E-W arcual zone *AA*, which may be regarded as being on the average identical with the 200-metres contour line of the North Byobu-yama, at a mean distance of about 800 metres from the lake coast; secondly, along the two zones *B* and *C*, which form respectively the axes of the Kompira-yama and of the West Maru-yama, and are more or less radial to the arc *AA*. These two systems are naturally the forms in which the zones of explosion centres, or volcanic weak lines, can be manifested.

5. *Character of eruption.* All the different craterlets were formed in the thick layer of soft earth, there being in fact, no exposure of solid rocks in the whole base district of the North Byobu-yama. As may be expected from this circumstance and also from the formation of numerous craterlets, none of the explosions was of very gigantic magnitude. On the contrary, several, if not most, of these proceeded on quietly, and were accompanied neither by a loud detonation nor sensible earthquake shocks; the eruption in such a case, consisting of a continuous or paroxysmal ejection of ashes, mixed in some instances, with stones. There was no outflow of molten lava, and it was only on the occasion of the first explosion that volcanic fires were said to have been seen.

The majority of the craterlets had very short duration of activity and threw out smoke only for a few hours or for one day or so, being then reduced to a complete rest. A few of the craterlets, however, preserved their activity for several days and became gradually enlarged up to diameters of over 200 metres.

6. *Elevation of lake coast.* The present author discovered accidentally on Aug. 6<sup>th</sup> (1910), that the eastern part of the southern coast of the lake of Toya, about 1 mile in length (Fig. 1), had risen nearly 1 metre out of the water, so that the latter retreated by a horizontal distance of 6.5 metres. At the foot of the East Maru-yama, the recession of water, which in the course of the next 24 hours was increased by 6 feet, was continued at successively decreasing rates, bringing at the end of August, the total amount to about 21.2 metres, which corresponded to the relative rise of the coast by about 1.4 metres. These facts were at once seen to indicate the actual elevation of the coast as the lake water was at that time markedly abundant, and, more especially, as the heights of water at other points of the lake coast were practically constant and indicated no corresponding change at all. To observe accurately the rate of the elevation, the level of the water was, since Aug. 10<sup>th</sup>, daily measured by means of a graduated level-gauge erected at the front of the West-Kohan elementary school, which is at the east end of the elevation zone. Simultaneously the height of the lake level was, by similar means, also daily read at Takinoue and Tokotan, which are situated respectively at the SW and SE corner of the lake. The variations of the level at the two latter places were alike each other.

The amount of elevation between Aug. 6<sup>th</sup> and Nov. 10<sup>th</sup> (1910), of the lake coast at the W. Kohan school relative to the height of the water surface on Aug. 6<sup>th</sup>, deduced by comparing the daily reading of the level-gauge at that place with those at Takinoue and Tokotan, is shown in the following table.

**Elevation of Lake Coast in front of West-Kohan School.  
Aug. 6<sup>th</sup> to Nov. 10<sup>th</sup>, 1910.**

Date (1910)	Elevation of Lake Coast. (Integral Amount)	Date (1910)	Elevation of Lake Coast. (Integral Amount)
Aug. 6 <sup>th</sup> <sup>1</sup>	0.0 cm	Aug. 18 <sup>th</sup>	30.3 cm
7 <sup>th</sup> ; 0.30 pm.	5.8	19 <sup>th</sup>	31.7
7 <sup>th</sup> ; 6.00 „	12.1	20 <sup>th</sup>	32.7
8 <sup>th</sup> ; 8.00 am.	12.7	21 <sup>st</sup>	34.3
8 <sup>th</sup> ; Noon	16.4	22 <sup>nd</sup>	32.1
9 <sup>th</sup> ; Noon	14.0	23 <sup>rd</sup>	31.3
10 <sup>th</sup>	18.8	24 <sup>th</sup>	32.4
11 <sup>th</sup>	19.7	25 <sup>th</sup>	33.1
12 <sup>th</sup>	21.2	26 <sup>th</sup>	33.8
13 <sup>th</sup>	22.7	27 <sup>th</sup>	34.3
14 <sup>th</sup>	25.2	28 <sup>th</sup>	33.8
15 <sup>th</sup>	26.4	29 <sup>th</sup>	33.4
16 <sup>th</sup>	28.8	30 <sup>th</sup>	32.8
17 <sup>th</sup>	28.5	31 <sup>st</sup>	32.4

<sup>1</sup> The level-gauge reading, with the exception of those on Aug. 7<sup>th</sup> to 9<sup>th</sup>, have generally been made at about 10—11 am.

Date (1910)	Elevation of Lake Coast. (Integral Amount)	Date (1910)	Elevation of Lake Coast. (Integral Amount)
Sept. 1 <sup>st</sup>	31·8	11 <sup>th</sup>	30·6
2 <sup>nd</sup>	30·9	12 <sup>th</sup>	—
3 <sup>rd</sup>	31·8	13 <sup>th</sup>	31·8
4 <sup>th</sup>	30·3	14 <sup>th</sup>	27·3
5 <sup>th</sup>	31·8	15 <sup>th</sup>	28·8
6 <sup>th</sup>	32·4	16 <sup>th</sup>	30·3
7 <sup>th</sup>	32·4	17 <sup>th</sup>	28·8
8 <sup>th</sup>	30·9	18 <sup>th</sup>	28·8
9 <sup>th</sup>	30·9	—	—
10 <sup>th</sup>	30·3	Nov. 10 <sup>th</sup>	16·7

As is illustrated in Fig. 2, the lake coast elevation after Aug. 6<sup>th</sup> went on rapidly till the 10<sup>th</sup>, increasing the height in the course of the 4 days by 18·8 cm. During the next 11 days the elevation was continued at a little slower rate, the greatest height of 34·3 cm. being reached at on the 21<sup>st</sup>. Thereafter the elevation ceased, the height being reduced on Sept. 18<sup>th</sup> to 28·8 cm., and on Nov. 10<sup>th</sup> to 16·7 cm.; i. e., half of the amount of elevation acquired during the 15 days, from 6<sup>th</sup> to 21<sup>st</sup>, Aug., was again reduced back in the course of the next 80 days.

7. „New Mountain.“ As may easily be imagined, the elevation phenomena were not confined to a portion of the lake coast. On the contrary, the whole base of the North Byobu-yama between the West and the East Maru-yama's, was uplifted in a remarkable manner. This tract, about 2700 metres in length and about 600 metres in width, is bounded on the Byobu-yama side by the two dislocation lines I and II shown in the map (Fig. 1), which run on the outside of, and quite close to, the explosion zone AA. Especially, the area to the north of the line I, for the length of about 1 km., was raised up into a mountain with the ash-covered trunks of the old grown-up trees still standing on it. The inside of this „New Mountain“ is made up of the steep steaming dislocation surface, about 94 metres in height, whose inclination angle varies from 30° to 60°; there were exposures of the rock fragments of different dimensions embedded in soft earth, but no massive layer of lava was visible. The outer side slopes down directly into the lake with an inclination angle of nearly 30°. It is highly likely that the commencement of the ground elevation in question was at about July 21<sup>st</sup>, simultaneously with the first occurrence of the premonitory earthquakes. Still it was after Aug. 20<sup>th</sup> that the appearance of the New Mountain began to attract general attention. The process of the elevation was considerably advanced already at the commencement of September, and the houses at this part of the lake coast, where the slope of the ground had been only some 5°, were in consequence of the increasing inclination, overthrown on the 7<sup>th</sup> of that month. On Nov. 8<sup>th</sup> to 10<sup>th</sup> (1910), the height of the top ridge of the New Mountain was found by means of aneroid barometers to be 180 metres (= 590 feet) above the lake level, i. e., roughly half of the height of the North-Byobu-yama whose top edge is 400 metres above the same plane of reference. As the top of the New Mountain had originally (i. e., before the commencement of the disturbances) been at a height of about 55 metres above the lake, the actual amount of elevation was  $180 - 55 = 125$  metres (= 380 feet), giving, for the time interval of 100 days from the end of July to the commencement of November, an average rate of upheaval of 1·25 metres (= 3·8 feet) per day.

An interesting fact about the New Mountain is that its height on Nov. 10<sup>th</sup> (1910) was, as stated above, 180 metres above the lake, and therefore practically identical with the heights

of the two highest cones or craterlets, namely, the Ko-Fuji and the Taka-Ana, each of which was about 176 metres (= 580 feet) in height. It appeared as though the upward elevating force was thus just hydrostatically counterbalanced by the downward pressure due to the weight of the craterlets. From these consideration I concluded at the time of my second visit to the Usu-san, in Nov. (1910), that the height of the New Mountain was then already at its maximum limit. This supposition proved to be correct, the height of the elevation in question having subsequently being found to be the same.

The ground along the dislocation line II, which is opposite the Kumantsubo craterlet, was elevated according to the aneroid measurement on Nov. 10<sup>th</sup> (1910), to a height of about 80 metres (= 260 feet) above the lake level.

The elevation at the base of the North Byobu-yama considered before was in all probability continued to the bottom of the Toya Lake. This may account in a part for the abnormal increase of the lake water during the August and September (1910).

8. *Relation of seismic and volcanic disturbances to elevation phenomena.* The O-Usu and the Ko-Usu are evidently the domes or peaks formed by the vertical lava columns which solidified while these were being squeezed out. I presume that the two peculiar round hills, the East and the West Maru-yama's, and probably also the Kompira-yama, owe their existence to similar causes, each forming what may be termed a parasitic dome, in which the lava mass is not exposed at the surface.

Now taking into consideration the seismic shocks and the volcanic outbursts in relation to the facts of the mountain elevation, we are lead to the hypothesis that the latter really formed the primary or fundamental telluric disturbance, while the two former classes of events were simply secondary or attendant phenomena. Thus, the volcanic energy of the Usu-san was manifested, in the present instance, by pushing upward the underground lava masses along the zones *AA*, *B*, and *C* (Fig. 1), wick join the three special hills with each other; the consequence being the elevation of the ground concerned. This action would necessitate the formation of cracks and fractures below the surface, which were the causes of those premonitory earthquake shocks; the greatest seismic frequency and intensity, between the 24<sup>th</sup>, 3 pm., and the 25<sup>th</sup>, 5 pm., July (1910), marking the epoch when the formation of the dislocations and fissures along the zones *AA*, *B* and *C* was practically finished. Following this, the explosive element in the volcanic action, namely, the gases and vapours, began finally on the 25<sup>th</sup>, at night, to escape out along the explosion zones thus prepared.

We can, from the above reasoning, easily understand why the seismic activity reached its maximum previous to the occurrence of the different explosions, which latter could never attain a great magnitude. Again, the formation of the New Mountain ought to be accompanied by no eruption from itself. Neither is it strange that the elevation phenomena were brought into a most marked development subsequent to the epoch of the maximum explosive activity, as the continued uplifting of the ground would be comparatively easy after the dislocation had first taken place.

July 1911. Manchester.

## Tremor Observations on the Usu-san and the Asama-yama Volcanoes.

By

F. OMORI.

1. *Introduction.* The observations of the earthquakes and tremors originating from active volcanoes, especially at the time of their eruptions, are seismologically interesting and also practically important. For obtaining the satisfactory results, it is necessary to choose the site of the observation at the immediate vicinity of the source of disturbance. The present note gives a short account of the observations made on the Usu-san (in Hokkaido) and the Asama-yama (in Central Japan), with a portable horizontal tromometer (magnification = 100) and a vertical motion recorder (magnification = 50); the „steady masses“ of the instruments being adjusted to periods of 4.0 to 4.5 sec.

2. *Usu-san Observations.* The observations were made in 1910 during the progress of the eruption of the Usu-san volcano described in the preceding paper, as follows.

(i) July 30<sup>th</sup>, evening, to Aug. 6<sup>th</sup>, morning; in the compound of the municipal office of Nishi-Monbets, about 8.4 km to S 23° E from the centre of the Usu-san. In the course of these nearly 6 complete days, the tromometers recorded altogether 539 earthquakes of the Usu-san origin; of these only about one-thirtieth were sensible.

(ii) 6<sup>th</sup>, 4 pm, to 10<sup>th</sup>, 2 pm., Aug.; in the Nishi-Kohan elementary school, 1000 metres to N 85° E of the Kumantsubo craterlet, one of the most active centres of explosion. During these 4 days about 200 earthquakes were observed; the periods of vibrations constituting the seismic motion being three-fold as follows:  $T_1 = 0.52$  sec.;  $T_2 = 1.03$  sec.;  $T_3 = 1.51$  sec. Of these the first period occurred most frequently. A special feature in the Nishi-Kohan diagrams was the occurrence, besides the proper earthquakes, of well defined small quick unfelt vibrations, which may be termed „volcanic microtremors“, and which were almost entirely wanting at Nishi-Monbets. (See Fig. 1.) These vibrations are perfectly different from the usual small slow movements called pulsatory oscillations, the mean values of their periods and their (NS) double amplitudes being as follows:  $T_1 = 0.53$  sec.,  $2a = 0.086$  mm;  $T_2 = 1.12$  sec.,  $2a = 0.021$  mm;  $T_3 = 1.66$  sec.,  $2a = 0.010$  mm;  $T_4 = 2.14$  sec.,  $2a = 0.013$  mm. The first three of these periods are to be regarded as being respectively equal to the periods of the seismic vibrations before noted. The conclusion is that the volcanic micro-tremors were identical in nature with, and due to the same cause as, the earthquakes themselves; in other words, the micro-tremors consisted of a series of small disturbances, each of which may be regarded as an earthquake.  $T_1$  may be regarded as the fundamental period, and the three others its multiples, giving the following approximate relations:

$$T_1 = \frac{1}{2} \times T_2 = \frac{1}{3} \times T_3 = \frac{1}{4} \times T_4.$$

The relations to the paroxysmal explosions of the micro-tremors, which originated at the seat of the eruption, but which decreased quickly with the increasing radial distance, were as follows: a) The moderate explosions from the nearest, or Kumantsubo, craterlet were generally accompanied by no marked micro-tremors; b) The violent explosions from the Kumantsubo and other craterlets were generally accompanied by the well pronounced micro-tremors, these latter often preceding such an outburst by a few minutes interval; c) The micro-tremors often occurred

to a considerable extent when the smoke ejections from the different craterlets were very insignificant or even when completely ceased. It is likely that there took place an accumulation of underground stress, when the different craterlets were prevented, on account of temporary filling up of their mouths or from some other causes, to make regular explosions; the pent up steam and gases producing, in consequence, a series of minor earthquakes which resulted in the micro-tremors. The latter movements must have been, in all probability, very active in the days immediately preceding the first explosion. The tromometer observations were repeated in April 1911 at the Nishi-Kohan School, but no micro-tremors were then registered; the volcanic district having, by that time, already settled into equilibrium condition.

3. *Observations on Asama-yama Volcano.* Encouraged by the results obtained in connection with the Usu-san eruption, I commenced the tromometer observations on the Asama-yama, which stands on the boundary of the two provinces of Shinano and Kozuke, at a distance of 140 km to the NW of Tokyo, the height being about 2480 metres above sea level. This mountain, which is the most energetic of the Japanese volcanoes and which made a tremendous outburst in the year 1783, showed recently marked signs of activity. Thus, the depth of the bottom of the crater, whose diameter is about 400 metres, was found by direct sounding and also by theodolite measurement on June 1<sup>st</sup> of this year (1911), to be 120 metres; while in the year 1887 it was, according to the sounding measurement of PROF. JOHN MILNE, about 245 metres, so that the bottom rose, in the course of the 24 years, by about 125 metres, giving an average elevation rate of 5 metres per year. Again, the Asama made comparatively strong explosions on May 31<sup>st</sup> and Dec. 7<sup>th</sup>, 1909, on Dec. 2, 1910, and May 8<sup>th</sup>, 1911; the number of the eruptions between the two latter dates amounting to 38. (See Table I.)

Table I.

List of the Recent Eruptions of the Asama Volcano.

No.	Date	Time of Occurrence (at Asama)	Remarks
1*	1909, Dec., 7	h m s 7 45 04 pm.	Great eruption, putting forests on fire. Ashes reached the Pacific coast, while the explosion sound was heard as far as Sendai and the E. part of Mino.
2	1910, Feb., 12	2 — — am.	Ashes fell at Karuizawa and in Kozuke and Musashi.
3	May, 2	9 — — "	Detonation.
4	July, 5	10 50 — "	Do.
5	" 11	11 — — pm.	Ashes thrown out
6	Oct., 21	3 30 — "	Detonation.
7	Nov., 7	(Whole day.)	Continual detonations.
8*	Dec., 2	8 20 36 pm.	Great eruption. Sound area slightly smaller than in (1). Ashes reached only to the vicinity of Tochigi.
9	" 15	5 01 — "	Sound heard to radial distance of 140 km towards EES.
10*	" 16	8 05 — am.	" " " " " " 185 " " E.
11	" 25	8 45 30 pm.	Sound heard in Echigo, Kozuke, Musashi, and Kai; and also in Hida and Echū, but nowhere in Shinano.
12	1911, Jan., 3	2 — — "	Ashes fell in Saitama, Chiba, and Ibaraki districts.
13*	" 6	1 07 — am.	Ashes fell in Saitama district. Detonation heard also in Echū.
14	" 16	8 — — "	Detonation, accompanied by ejection of ashes.
15*	" 17	2 04 25 "	Do.

(\*) . . . . The asterisk marks an explosion, whose earthquake effect was observed instrumentally at Nagano

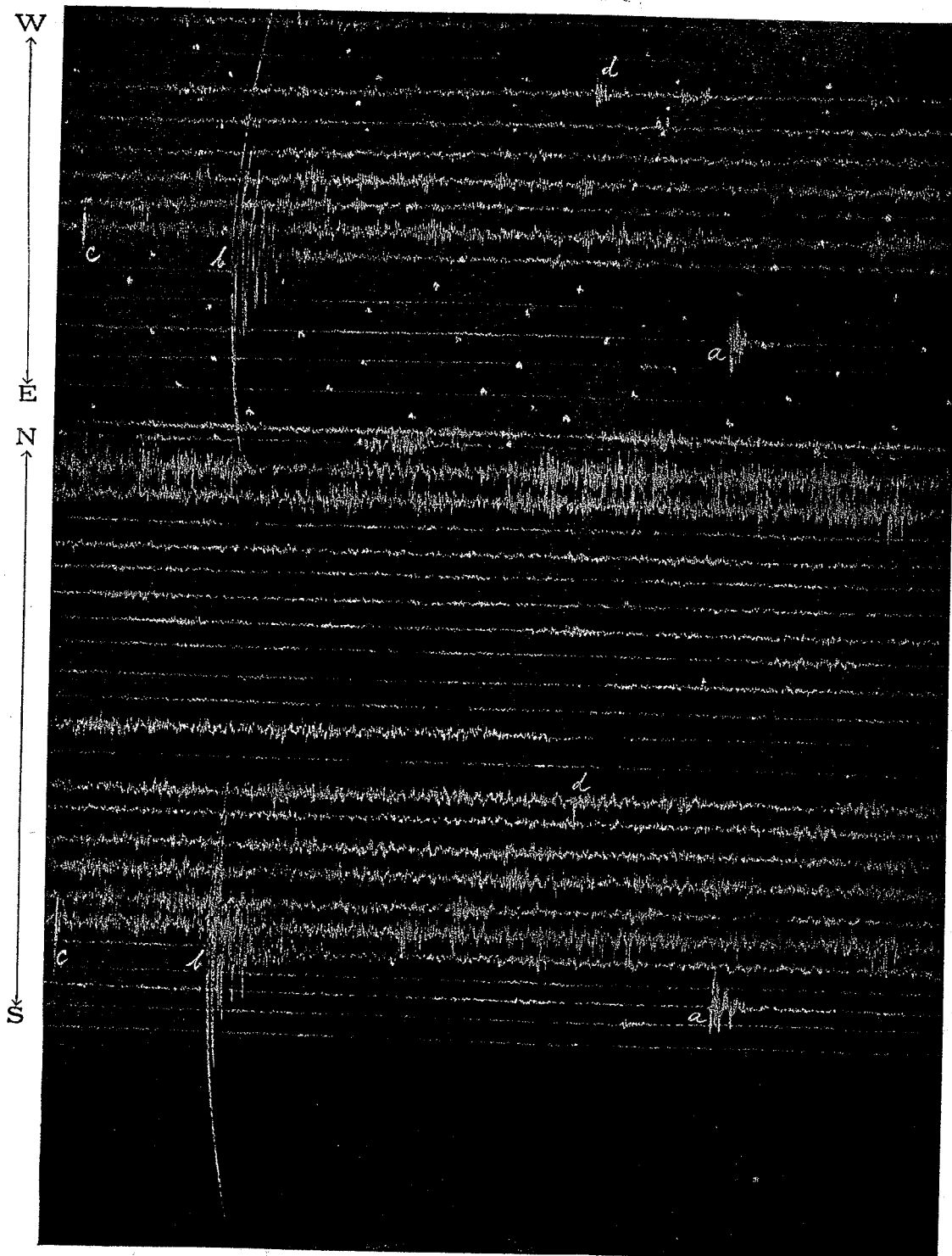
No.	Date	Time of Occurrence (at Asama)	Remarks
15'	1911, Jan.,	17 h m s (Night)	Slight amount of ashes fell at Kumagai.
16*	"	18 1 08 17 pm.	Ashes fell at Maebashi and Utsunomiya.
17	"	18 5 20 58 "	Ashes fell at Maebashi. Detonation was heard to a distance of 125 km towards EES.
18*	"	18 9 27 49 "	Ashes fell at Utsunomiya. Detonation was heard to a distance of 180 km towards E.
19*	"	19 1 15 18 am.	Detonation and smoke explosion.
20*	"	19 9 47 — "	Do. (accompanied by some flames).
21*	"	19 2 17 45 pm.	Do.
22	"	20 0 47 — "	Smoke and Ashes explosion.
22'	"	21 6 — — am.	Ashes fell at Jino (Saitama prefecture).
23*	"	21 0 16 35 pm.	Smoke explosion; Detonation heard at Maebashi.
24	"	22 4 — — "	Detonation; slight amount of ashes fell at Maebashi.
25	"	23 4 16 — "	Do. Do.
26	"	23 9 27 14 "	Detonation and smoke explosion, accompanied by flames. Ashes fell at Maebashi and Takasaki.
27	Feb.,	4 (Whole day)	Detonations and smoke explosions. Ashes fell at Nagonohara, Kumagai, etc.
28	"	6 8 30 — pm.	Detonations heard at Maebashi and Takasaki.
29	"	10 5 30 — am.	Detonation heard at Takasaki.
30	"	13 10 25 — pm.	Several detonations. Ashes fell at Maebashi.
31*	March,	21 2 46 — am.	Detonation and smoke explosion.
32*	"	21 9 10 30 "	Great detonation; Ashes fell in Saitama districts.
32'	"	22 (in afternoon)	Several small explosions.
33	"	24 11 55 — pm.	Small explosion.
34	"	25 11 03 30 "	Detonation; ashes thrown out.
35	April,	2 9 50 — "	Detonation.
36	"	2 10 20 — "	Do.
37	"	3 1 52 30 "	Detonation (heard also in Etchu).
38	"	4 8 42 — am.	Do. Do.
39	"	7 3 40 — "	Detonation heard at Maebashi.
40	"	8 1 — — pm.	Ashes fell at Maebashi and Kumagai.
41	"	9 10 — — am.	Slight amount of ashes fell at Maebashi.
42	"	11 8 12 — "	Great detonation.
43	"	13 2 — — "	Slight amount of ashes fell at Maebashi.
44	"	16 4 40 — pm.	Do. Kumagai.
45	May,	8 3 28 0 "	Great explosion, which threw out a large quantity of stone fragments.

The first trial tromometer observations on the Asama-yama were made during the two weeks between Sept. 21<sup>st</sup> and Oct. 3<sup>rd</sup>, 1910, at a locality called Yuno-taira which is about 1900 metres above sea-level, and about 580 metres below the mountain top; on that occasion, however, there having been unfortunately none of the volcanic earthquakes to be registered. The observations on the

(\*) . . . . The asterisk marks an explosion, whose earthquake effect was observed instrumentally at Nagano.



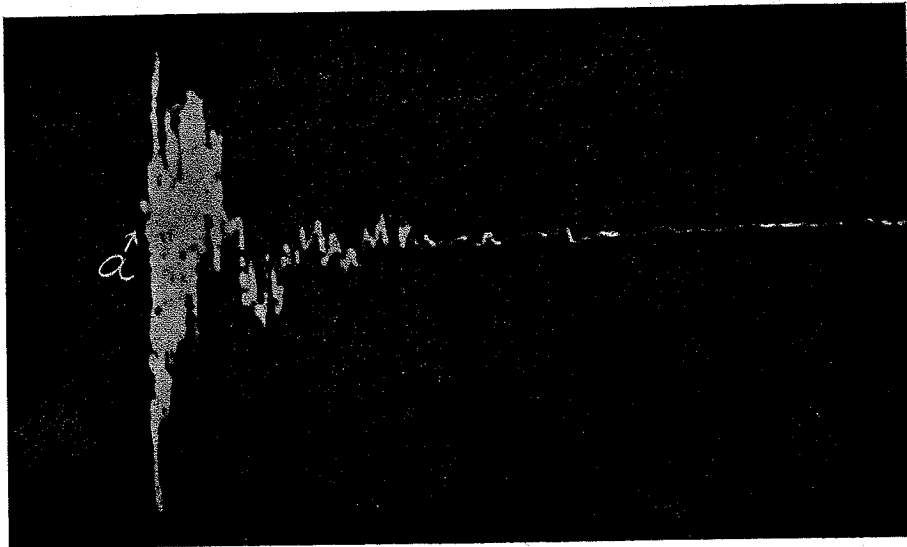
Fig. 1. Part of the Horizontal Tremor Recorder Diagram for 7th to 8th, Aug., 1910; observed at the W.-Kohan School (Sobets).



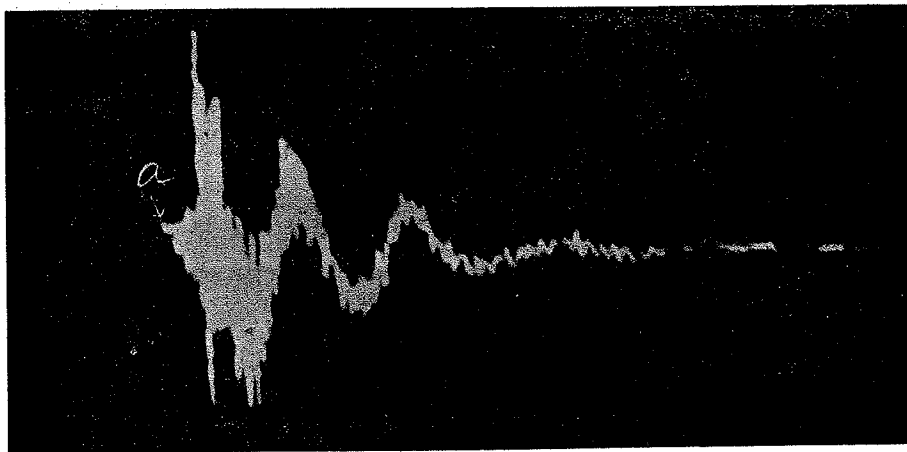
(EW)....E-W Component. (NE)....N-S Component.  
 Magnification = 100. Time Scale: 1 minute = 24.6 mm.  
 a, b, d,.... Usu-san eqkes. c.... *Jinari*, or earth-sound.  
 The Micro-tremors are very markedly shown.

Fig. 2. Observation on the Asama-yama volcano. Seismic Motion not accompanying an eruption.  
Volcanic Earthquake of February 22nd, 1911.  
[Magnification = 850.]

Longitudinal vibration.



Transverse vibration.



0 10 20 30 SECOND

Asama-yama were repeated with more success during the 56 days between Jan. 9<sup>th</sup> and March 5<sup>th</sup> of this year, at a place called Ashino-taira, which is about 1240 metres above sea-level and about 1240 metres below the summit; the volcanic earthquakes registered, 39 in numbers, being tabulated below.

Table II.

Asama Earthquakes observed at Ashino-taira on the western slope of the Volcano.  
January 9<sup>th</sup>—February 28<sup>th</sup>, 1911.

Date (1911)	Time of Occurrence	Duration of preli- minary Tremor	Total Duration	Maximum Motion		Remarks	No.
				Longi- tudinal Motion	Trans- verse Motion		
Jan.	h m s	s	m s	mm	mm		
11	1 39 53 am.	0·0	0 13	0·008	0·010	Unfelt.	1
14	6 50 24 „	1·5	0 34	0·06	0·05	Sensible.	2
15	6 04 32 „	1·6	0 16	0·023	0·015	Unfelt; quick in character	3
17	2 04 27 „	2·4	2 14	0·175	0·045	Accompanied by a loud de- tonation and ejection of black smoke	4*
17	2 54 00 pm.	1·2	0 29	0·038	0·038	Sensible	5
18	1 08 19 „	1·3	1 00	0·060	0·045	(Accompanied by ejection of black smoke	6*
18	5 21 00 „	—	1 00	0·026	0·020	Do.	7*
18	9 27 51 „	—	1 50	0·070	0·050	Do.	8*
19	1 15 20 am.	—	1 30	0·123	0·075	Do.	9*
19	7 20 53 „	—	1 30	0·093	0·065	Do.	10*
19	9 47 01 „	—	(observation wanting)	—	—	(A strong explosion)	11*
19	2 17 47 pm.	2·7	1 30	0·03	0·02	(Black smoke ejected)	12*
19	3 32 43 „	0·9	0 52	0·07	0·06	Sensible; quick in character	13
19	10 02 48 „	—	—	—	—	(Sound like distant thunder)	14
21	0 16 37 „	—	1 20	0·08	0·047	(Smoke explosion)	15*
21	7 13 44 „	—	—	—	—	(Sound like distant thunder)	16
21	7 17 19 „	—	—	—	—	Do.	17
21	7 21 29 „	—	—	—	—	Do.	18
22	6 57 54 „	—	—	—	—	Do.	19
22	11 15 35 „	1·4	1 00	0·015	0·015	Motion very slight	20
23	0 02 32 „	—	—	—	—	(Detonation)	21
23	7 20 27 „	0·0	0 40	0·014	0·010	Unfelt; quick in character	22
23	9 27 16 „	(?)	1 30	0·002	—	Unfelt; very small	23
24	0 22 26 am.	1·4	0 46	0·030	0·012	Do.	24
26	11 21 03 „	1·4	1 00	0·045	0·025	Sensible, accompanied by ejection of black smoke	25*
29	2 11 52 „	3·8	1 03	0·032	0·017	Unfelt	26*
30	9 38 19 „	—	—	—	—	(Detonation)	27
Febr.							
2	8 13 52 pm.	1·3	0 26	0·036	0·024	Sensible; quick in character	28
5	5 21 12 am.	2·4	0 49	0·004	0·005	Probably not Asama earth- quake	28'

(\*) . . . . Earthquake caused by an explosion of the Asama.

Date (1911)	Time of Occurrence	Duration of preli- minary Tremor	Total Duration	Maximum Motion		Remarks	No.
				Longi- tudinal Motion	Trans- verse Motion		
Febr. 11	h m s 0 58 03 pm.	s 6.8	m s 2 15	mm 0.083	mm 0.063	The origin was in the vic- inity of the town of Ueda	28"
18	10 22 51 "	0.0	0 21	0.008	0.010	Unfelt; quick in character	29
19	11 18 31 am.	1.2	0 13	0.050	0.025	Do.	30
19	11 18 56 "	1.0	0 8	0.005	0.005	Do.	31
19	11 28 41 "	1.6	0 13	0.030	0.050	Do.	32
19	11 33 58 "	0.8	0 28	0.005	0.020	Do.	33
19	11 41 42 "	1.4	0 33	0.060	0.120	Sensible; quick in character	34
19	0 21 11 pm.	1.1	0 10	0.005	0.017	Unfelt; quick in character	35
22	1 28 56 "	—	—	(small)	0.002	(Sound like distant thunder)	36
22	1 29 04 "	—	—	(small)	0.003	Do.	37
22	11 47 04 "	0.9	0 46	0.074	0.060	Sensible; quick in character	38
25	3 15 16 am.	0.0	0 23	0.007	0.008	Unfelt; quick in character	39

In the above table the longitudinal and transverse components denote respectively the movements in direction parallel and normal to the line joining the crater with the place of observation. The seismic movements may be divided into two kinds: namely, (*A*), the earth-shakings, or earthquakes, which were caused by the actual explosions; (*B*), the earthquakes which did not accompany any explosion. It was found that the volcanic shock of the (*B*) type, or one not accompanying an eruption, was always very quick in nature. (See Fig. 2.) The earthquake of the *A* type, or one caused by an actual explosion, was, on the contrary, always very gentle and slow in character. (See Fig. 3.) Thus from the diagrams obtained at Ashino-taira we could at once know whether the shaking accompanied an eruption or not. It is likely that the earthquakes of the *B* type are caused by the volcanic forces pent up beneath the volcano, which suddenly produce from time to time underground cracks, while the explosion consists in the expansion of, and forcing out of steam and gases along the cracks thus prepared; the consequence being that the earthquakes of the *A* type are more of the nature of a bodily displacement or vibration of the mountain mass.

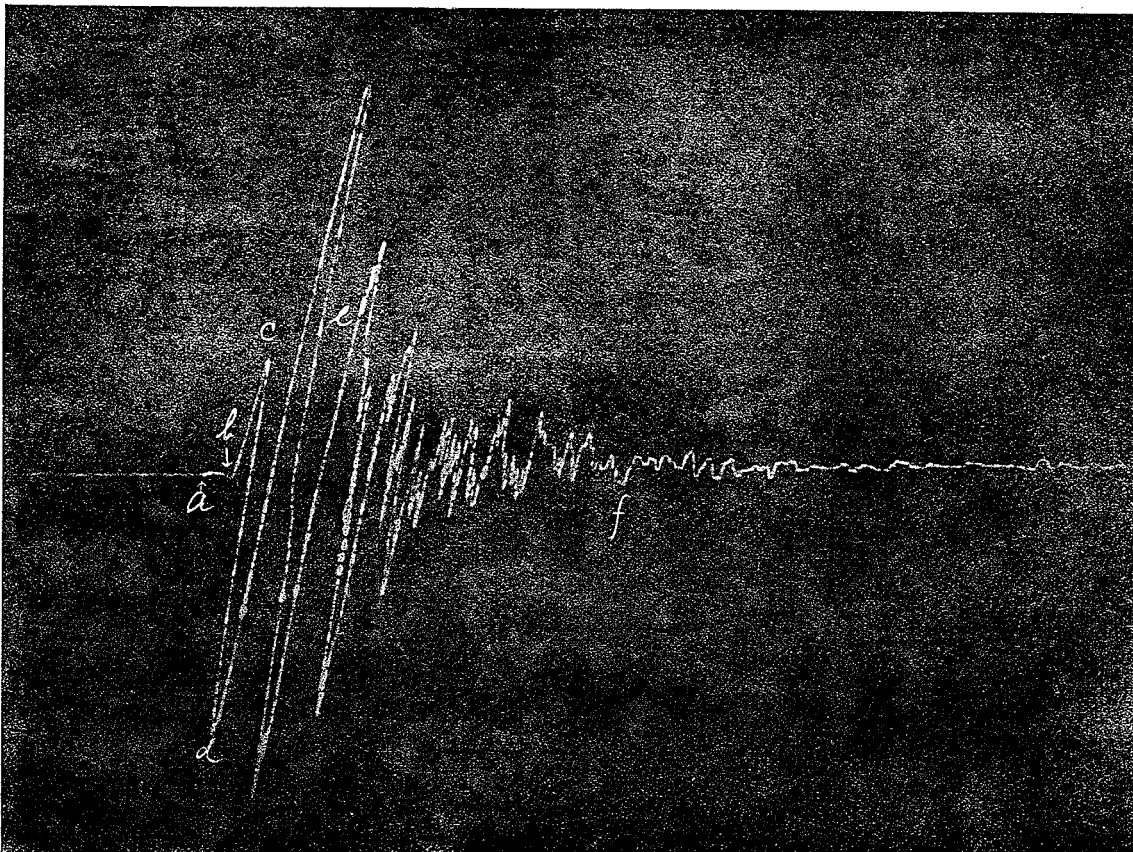
Comparing Tables I and II, we see that the eruptions were very frequent between the 16<sup>th</sup> and 23<sup>rd</sup> of January, there being 7 of the *B* type earthquakes on the 18<sup>th</sup> and 19<sup>th</sup>. The *A* type shocks were on these days very rare, there being only one on the 19<sup>th</sup>. There were, however, three *A* type earthquakes, between the 11<sup>th</sup> and 15<sup>th</sup> of January, and these may be regarded as fore-runners of the subsequent eruptions.

4. *Conclusion.* The great eruptions in Japan, as, for example, those of the Usu-san in 1910, 1822 and 1663, of the Unsen-dake (in Kyushu) in 1792, of the Fuji-san in 1707, and of

the Asama-yama in 1783, lasted from a few days to several months, each being preceded by numerous earthquake shocks and detonations. In such cases, tromometer observations made at the vicinity of the centre of volcanic activity would give the people a timely warning of the approaching outburst. As a matter of fact, on the occasion of the Usu-san eruption of 1910, the precautionary

*Fig. 3. Observation on the Asama-yama Volcano. Seismic Motion accompanying an Eruption. Volcanic Earthquake of January 17th, 1911.*

Longitudinal Vibration. [Magnification = 850.]



10 20 30 40 50 60 SECOND

measures proved useful, no life having been lost in consequence of the explosions. I believe the problem of prediction of great volcanic eruptions is, in some cases, not very difficult.

To further prosecute the study of the volcanic earthquakes, an observatory (a wooden structure covering an area of about 80 sq. metres) is in the course of construction on the Asama-yama at an elevation of about 2200 metres above sea-level.

July, 1911. Manchester.

## Sur les observations de la déformation du globe terrestre.

Par  
A. ORLOFF.

§ 1. Déjà en 1895 M. KORTAZZI a montré plusieurs défauts du pendule de R.-Paschwitz, et M. LEWITZKY a trouvée, que le pendule de Zöllner est beaucoup plus convenable pour les observations de l'attraction luni-solaire; mais seulement en 1909 j'ai fait à Juriew les premiers observations de ce genre avec les pendules de Zöllner, installés dans une cave, où la température est à peu près constante, et où l'influence du Soleil est extrêmement petit.

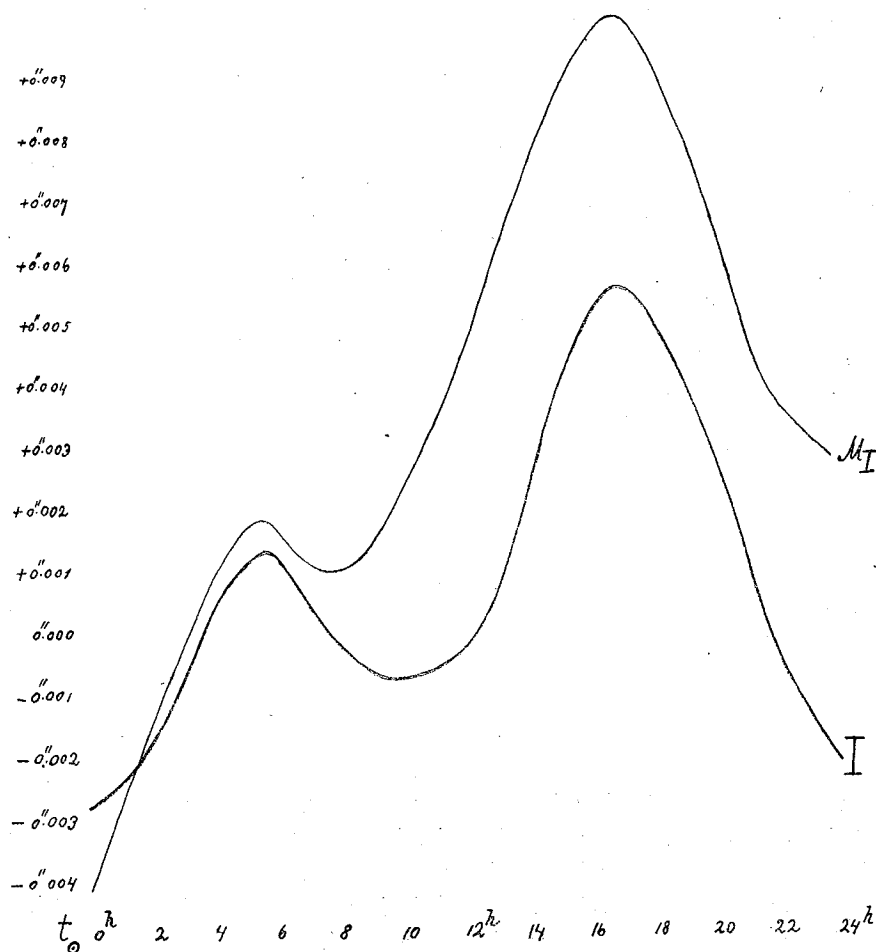


Fig. 1. La composante solaire du mouvement des pendules.

L'analyse définitive de mes observations a montré, que les rapports des amplitudes observées des pendules dans leur mouvement lunaire semi-diurne aux amplitudes calculées dans l'hypothèse de la terre absolument rigide, sont différents pour les deux pendules, à savoir: pour le pendule, installé dans le méridien j'ai trouvé 0.68, et pour le pendule dans le premier vertical on a 0.59.

La première question, qui se pose, est telle : cette différence (0.59 et 0.68) dépend-elle des instruments mêmes, ou bien montre-t-elle quelque phénomène physique, indépendant des pendules ? Pour répondre à cette question j'ai installé les deux pendules parallèlement dans le I vertical. J'appellerai par  $M_I$  le pendule, qui était auparavant dans le plan du méridien et l'autre par I. Les deux pendules avaient presque la même sensibilité : pour le pendule  $M_I$  1 mm correspondait à 0.0133" et pour le pendule I à 0.0138". Les observations ont été faites du 27 I jusqu'au 17 VII 1911 ; voici les résultats que j'en ai obtenu.

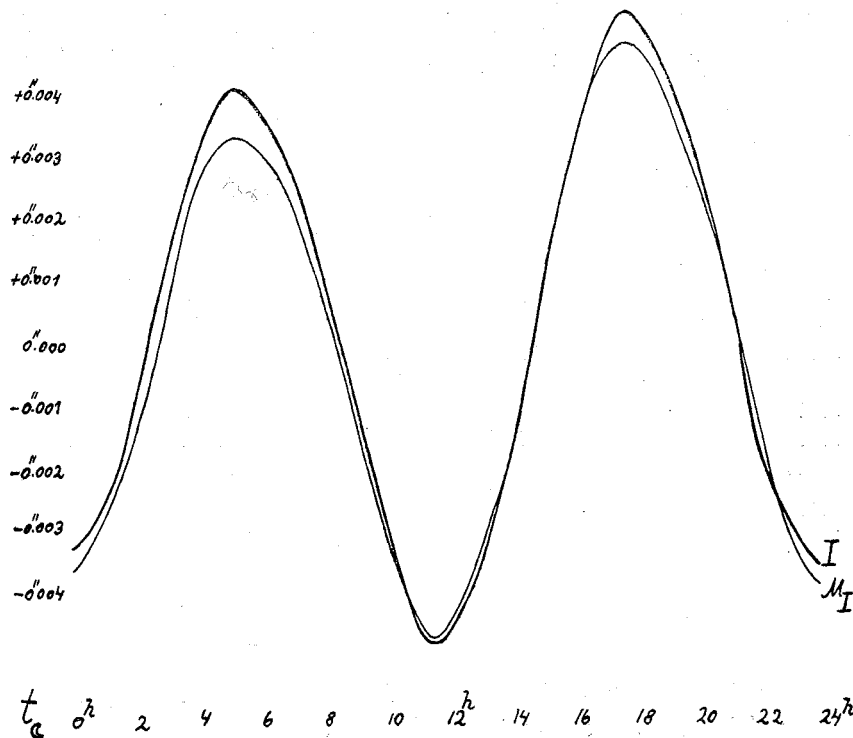


Fig. 2. La composante lunaire du mouvement des pendules.

§ 2. Tout d'abord je dispose les observations suivant le temps solaire et puis je prends pour les deux pendules séparément les moyennes de toutes les ordonnées, correspondantes aux mêmes heures solaires. J'obtiens :

Pendule $M_I$				Pendule I			
$t_{\odot}$	$y_m$	$t_{\odot}$	$y_m$	$t_{\odot}$	$y_m$	$t_{\odot}$	$y_m$
0h	- 0.00420"	12h	+ 0.00398"	0h	- 0.00286"	12h	- 0.00049"
1	- 0.00284	13	+ 0.00581	1	- 0.00235	13	+ 0.00021
2	- 0.00150	14	+ 0.00706	2	- 0.00191	14	+ 0.00175
3	- 0.00049	15	+ 0.00820	3	- 0.00094	15	+ 0.00359
4	+ 0.00075	16	+ 0.00914	4	+ 0.00031	16	+ 0.00459
5	+ 0.00152	17	+ 0.00981	5	+ 0.00094	17	+ 0.00543
6	+ 0.00167	18	+ 0.00949	6	+ 0.00123	18	+ 0.00519
7	+ 0.00081	19	+ 0.00828	7	0.00000	19	+ 0.00429
8	+ 0.00107	20	+ 0.00696	8	+ 0.00008	20	+ 0.00318
9	+ 0.00117	21	+ 0.00528	9	- 0.00090	21	+ 0.00145
10	+ 0.00214	22	+ 0.00371	10	- 0.00063	22	- 0.00037
11	+ 0.00291	23	+ 0.00322	11	- 0.00064	23	- 0.00120
12	+ 0.00398	24	+ 0.00274	12	- 0.00049	24	- 0.00213

Ces nombres sont représentés sur la Figure 1. L'analyse nous donne :

$$M_I \dots y_m = + 0.000304'' t_{\odot} - 0.00286'' \cos(t_{\odot} - 45^{\circ}) - 0.00223'' \cos(2t_{\odot} + 36^{\circ})$$

$$I \dots y_m = + 0.000068'' t_{\odot} - 0.00186'' \cos(t_{\odot} - 65^{\circ}) - 0.00236'' \cos(2t_{\odot} + 16^{\circ})$$

On voit, que le caractère du mouvement des deux pendules est le même, mais les coefficients sont un peu différents. Les membres, proportionnels au temps, dits le mouvement du point de zéro, sont surtout distincts : l'un est à peu près 5 fois plus grand que l'autre.

§ 3. Pour les termes lunaires on obtient des résultats beaucoup plus d'accordants. En prenant les moyennes de toutes les ordonnées, correspondantes aux mêmes heures lunaires, on a :

*Pendule M<sub>I</sub>*

*Pendule I*

t <sub>☾</sub>	y <sub>m</sub>	t <sub>☾</sub>	y <sub>m</sub>	t <sub>☾</sub>	y <sub>m</sub>	t <sub>☾</sub>	y <sub>m</sub>
0 <sup>h</sup>	— 0.00377''	12 <sup>h</sup>	— 0.00471''	0 <sup>h</sup>	— 0.00343''	12 <sup>h</sup>	— 0.00477''
1	— 0.00298	13	— 0.00369	1	— 0.00285	13	— 0.00384
2	— 0.00169	14	— 0.00210	2	— 0.00117	14	— 0.00207
3	+ 0.00023	15	+ 0.00040	3	+ 0.00092	15	+ 0.00040
4	+ 0.00234	16	+ 0.00267	4	+ 0.00272	16	+ 0.00253
5	+ 0.00318	17	+ 0.00436	5	+ 0.00392	17	+ 0.00435
6	+ 0.00306	18	+ 0.00477	6	+ 0.00374	18	+ 0.00527
7	+ 0.00247	19	+ 0.00421	7	+ 0.00300	19	+ 0.00470
8	+ 0.00086	20	+ 0.00257	8	+ 0.00114	20	+ 0.00328
9	— 0.00102	21	+ 0.00162	9	— 0.00083	21	+ 0.00127
10	— 0.00303	22	— 0.00148	10	— 0.00275	22	— 0.00090
11	— 0.00447	23	— 0.00311	11	— 0.00453	23	— 0.00265
12	— 0.00471	24	— 0.00397	12	— 0.00477	24	— 0.00363

D'après ces nombres j'ai tracé les courbes de la Figure 2. L'analyse nous donne ici pour les termes lunaires semi-diurnes les expressions suivantes :

$$M_I \dots y_m = - 0.00413'' \cos 2t_{\odot} + 0.00018'' \sin 2t_{\odot}$$

$$I \dots y_m = - 0.00429'' \cos 2t_{\odot} + 0.00020'' \sin 2t_{\odot}$$

Si la terre était rigide, on aurait

$$y_m = - 0.00705'' \cos 2t_{\odot}$$

Donc les rapports des amplitudes observées et calculées sont ici :

$$\text{pour le pendule } M_I \dots 0.59$$

$$\text{pour le pendule } I \dots 0.61$$

Mais la première série des observations nous a donné

$$\text{pour le pendule } I \dots 0.59$$

Ainsi les deux pendules donnent presque le même résultat. On en conclue que la différence des deux nombres 0.59 et 0.68, obtenus avec les pendules perpendiculaires entre eux ne peut pas être expliquée par les erreurs instrumentales.



## The Transmission Curve.

The transmission curve giving as it does the time of arrival of earthquake shocks from centers at various distances, is of the utmost importance in many seismological problems. It is by a study of this curve that we determine the course of earthquake waves in the interior of the earth, and how their velocity depends upon the depth below the surface. Indeed, all problems regarding the interior of the earth which depend upon the propagation of earthquake waves depend for their solution upon the accuracy of this curve. It should, therefore, be one of the fundamental problems of the International Seismological Association to increase the accuracy of the transmission curve.

It is extremely unfortunate that up to the present time the curve is not known with any great accuracy. The determination of its ordinates evidently depends upon an accurate knowledge of the times and origins of a number of earthquakes, together with the times of arrival of their vibrations at distant stations; and, unfortunately, we know accurately the origins and times of occurrence of scarcely any earthquakes of great magnitude. The earlier curves of Milne and Oldham, though founded on a large number of earthquakes, were necessarily inaccurate, because the proper data regarding these earthquakes were but roughly known. The transmission curve of Wiechert and Zoeppritz, the one most generally accepted at the present time, is founded upon three earthquakes only, namely, the Indian earthquake of April 4, 1905; the Calabrian earthquake of September 8, 1905 and the Californian earthquake of April 18, 1906.<sup>1</sup> Middlemiss' comprehensive report on the Indian earthquake<sup>2</sup> shows that very considerable uncertainty is attached to the determination of the time and center of the shock, which is further borne out by the fact that Omori, who made a careful study of this earthquake<sup>3</sup>, adopted 0<sup>h</sup> 49<sup>m</sup> 48<sup>s</sup> GMT. for the time of occurrence, and lat. 31° 49' N, long. 77° 00' E. for the location of the center, based upon this point being the centre of the most devastated area; whereas, Wiechert adopted 0<sup>h</sup> 49<sup>m</sup> 41<sup>s</sup> for the time of occurrence and lat. 32° 18' N, long. 76° 24' E, for the position. Rizzo<sup>4</sup> collected the data and studied the propagation of the Calabrian earthquake. He adopted as the origin a point under the Gulf of S. Eufemia, because it was the point of intersection of two faults and appeared to be approximately the centre of the disturbance; but he does not discuss the reliance to be put upon the location. The time of the origin was determined from the observations at two stations.

<sup>1</sup> Über Erdbebenwellen; Wiechert and Zoeppritz, Nachr. d. K. Gesells. Wissen. Göttingen, Math. and Phys. Kl. 1907, pp. 415—549.

<sup>2</sup> The Kangra Earthquake of April 4, 1905; Mem. Geol. Surv. India, 1910, Vol. XXXVIII, Chap. V.

<sup>3</sup> Report on the Great Indian Earthquake of 1905, Pub. E. Q. Invest. Com. in For. Lang. No. 24, 1907.

<sup>4</sup> Sulla Velocità di Propag. d. Onde Sismiche, etc. Accad. R. d. Sci. Torino, 1905—1906, pp. 309—350.

Wiechert's curve was constructed before the report of the California Earthquake Commission was completely published,<sup>1</sup> and he adopted a time of occurrence nearly half a minute too early and a centre about 27 km from the proper location. It is, therefore, quite evident that the transmission curve founded upon these data cannot be accepted as wholly accurate. I do not believe that any part of the curve is known closer than one or two tenths of a minute; and beyond a distance of 100° our knowledge of the curve is of the very vaguest. This depends upon the fact that earthquake vibrations, as pointed out by Knott,<sup>2</sup> are very much reduced in intensity as the distance increases, and a material part of the energy of the first phase is contained in the vertical vibration, which is not often recorded; so that our observations of the proper time of arrival at very distant stations are far from accurate; moreover, earthquake centers at a great distance from Europe lie in regions but little civilized, and therefore their times and centers are not carefully determined.

The improvement of the transmission curve will follow an increase in the number of earthquakes studied and a greater accuracy in determining the times and centers; most reliable results will be obtained if the observations are in the immediate neighborhood of the earthquake centers. In default of such observations, we may use the transmission curve itself, as we now have it, for determining the times and centers of special earthquakes and then use the data derived from these earthquakes to improve the transmission curve. This is undoubtedly the most efficient means available. The observations must be treated by the method of least squares, which involves a great deal of work but the results are worth the labor. When we examine the equations used in this method we find that a constant error, that is, an error common to the whole curve, will introduce no error in the determination of the center, but will introduce an error equal to its own value in the determination of the time of the shock. Accidental errors in the general form of the curve can gradually be eliminated by the method mentioned; but a constant error cannot be eliminated in this way. We may look upon our present curve as affected by a constant error and by accidental errors; we can get rid of the latter by the system of averaging inherent in the method of least squares, but the former can be eliminated only by the careful determination of the times and centres of some earthquakes, made at stations close to their centres.

It is characteristic of the distribution of land and water on the earth that the antipodes of the continents lie in ocean basins, and therefore earthquakes whose origins are at distances of 120° or more from recording stations will almost always be submarine, and their centres and times can be accurately determined only by means of the use of the transmission curve, and when a number of stations have fairly favorable positions for the purpose. We can then use the centres and times determined in this way, in connection with the records of far distant stations, to extend our transmission curve beyond the limits to which it is at present fairly well known; but the extension will contain the errors, and particularly the constant error, of the nearer part of the curve.

In all studies looking towards the improvement of the transmission curve, the accuracy of the data should be carefully examined and the observations on which the position of the centre and the time of occurrence depend should be given in full. Not only should the position of the centre be given but the axes of the error ellipse, and at least an estimate of the accuracy of the time. There is certainly enough accurate data now available for a very great improvement of the transmission curve, but it could only be properly studied by the help of special computers, on account of the very considerable labor of treating the data by the method of least squares. It is in general not necessary to use a large number of stations for determining the position of the centre and the time of occurrence. Ten or twelve stations properly distributed around the origin would give nearly as good results as a much larger number.

<sup>1</sup> The California Earthquake of April 18, 1906, Carnegie Institution, Washington. The second volume, containing the discussion of the time and origin of the shock appeared in 1910.

<sup>2</sup> Physics of Earthquake Phenomena, p. 254.

Some years ago Milne<sup>1</sup> pointed out that the duration of the preliminary tremors of an earthquake depended upon the distance of the shock, and gave a curve to represent the relation. By applying the method of least squares to the records of many earthquakes, the accuracy of the curve showing this relation could be greatly increased. This offers an independent method for finding the centers of earthquakes; it determines the difference of the ordinates of the transmission curves of the first and second phases, which could be used to increase the accuracy of both these curves. The time of occurrence is not needed and is not determined by this calculation; but after the centre has been determined in this way, the time can be calculated from the ordinary transmission curve.

HARRY FIELDING REID.

<sup>1</sup> Third Rep. Seismol. Com. B. A. A. S. 1898, p. 221.

## The energy of earthquakes.

There are a number of scales used for the comparison of the intensities of earthquakes such as the Rossi-Forel scale, the Omori scale, and others. They indicate the intensity of the movement, at different points, and are of great value in the study of earthquakes and in the comparison of their effects. They are, in general, a measure of the intensity of the vibrations at certain points, and do not measure the total energy set free by an earthquake and distributed over the earth by means of elastic waves. The energy set free is, however, the *fundamental quantity* involved in an earthquake, and it is of the greatest importance to estimate its amount and to compare the amounts liberated by different earthquakes.

Lord Kelvin first showed how to calculate the energy contained in an elastic medium transmitting radiations<sup>1</sup>. T. C. Mendenhall<sup>2</sup> applied this method to the evaluation of the energy emitted by an earthquake; but the data at his command were entirely insufficient and he had to make very violent guesses in order to arrive at any conclusion. Milne<sup>3</sup> suggested that the area within any adopted isoseismal might be taken as proportional to the energy of the shock. The California earthquake of 1906 has furnished far better opportunities than any other earthquake for determining this quantity, for it was possible to make a fairly good calculation of the amount of the energy contained in the strained rock before the rupture, which was nearly all converted into energy of elastic waves after it. The value obtained for the total energy was  $1.75 \times 10^{24}$  ergs<sup>4</sup>. It is not probable that we shall be fortunate enough to obtain such good data, except on very rare occasions, but by an extension of Lord Kelvin's method we can obtain a rough comparison between the energies liberated by various earthquakes; and, by comparison with the California earthquake, form a rough estimate of the actual amount of energy liberated, when we have a fair knowledge of the isoseismal lines. If we neglect the absorption, we may say that the quantity of energy which passes through any surface surrounding the origin is the same; and if we had a method of comparing the amounts passing through corresponding surfaces for two earthquakes, we could determine the relative amounts of energy liberated by the two shocks. At first sight it seems that it would be possible to determine the areas of surfaces where the intensity of the shock is the same in the two cases. For instance, if we look upon isoseismal III as elliptical, we might consider it as the intersection with the earth's surface of an ellipsoid of revolution about its major axis, over whose whole surface the intensity of the vibrations are the same. But this conclusion would be fallacious, for the vibrations which pass through the earth are the body waves, whereas the vibrations which determine the position of the isoseismals are the surface waves.

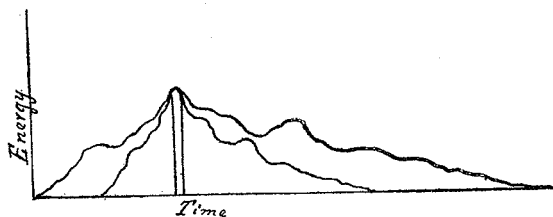
<sup>1</sup> On the possible density of the luminiferous aether, and on the mechanical value of a cubic mile of sunlight. *Phil. Mag.* 1855, Vol. IX, p. 36.

<sup>2</sup> *Proc. Amer. Assoc. Acad. Sci.* 1888, pp. 190—195.

<sup>3</sup> *Seismology*, p. 143.

<sup>4</sup> Report on the California earthquake of April 18, 1906. Vol. II, p. 22.

We might, however, form an estimate of the total energy from the energy in the surface waves. These waves originate near the epicentre and are, without doubt, set up by the body waves when they reach the surface. We might take the energy of the surface waves as proportional to the total energy of the shock, although there seems at present no way of proving this relation. With this assumption we can get an estimate of the relation between energies of different earthquakes by means of the isoseismal lines. The intensity at a selected isoseismal, say III of the Rossi-Forel scale, is the same for any earthquake; and therefore if the periods of the vibrations are the same, the energy flowing through a unit length of the isoseismal in unit time is constant over the isoseismal; and the total energy would be equal to this constant multiplied by the length of the isoseismal line and by the duration of the shock, provided all the vibrations at the selected isoseismal had the same period; for then the intensity at the isoseismal would be constant during the passage of the waves. But, unfortunately, none of these conditions hold. The irregular character of the rocks greatly influences the shape and position of the isoseismals; on soft alluvium the isoseismals lie at a greater distance from the origin of the disturbance than on hard rock; irregular distribution of alluvium and rock makes the isoseismal lines irregular and makes it difficult to draw a fair average position for them. The damping of the vibrations varies with the character of the material through which they pass; and even with a homogeneous earth this damping is not proportional to the length of the isoseismal lines; but the introduction of exponential terms would be necessary fully to take account of it. The error of neglecting these terms is probably smaller than other errors,



which cannot be eradicated at present, and we shall not consider them. Again, the position of the isoseismals is not determined by the total energy of the surface waves, but by the greatest intensity of the disturbance; a short earthquake would give the same set of isoseismals as a long drawn out disturbance which had the same intensity, although the latter would liberate much more energy. Indeed, if we attempt to find a quantity proportional to the energy by taking the product of the length of the isoseismal III by the time the shock is felt there, we should get a quantity proportional to the energy emitted during the hardest part of the shock only; an unsatisfactory result.

Let the curves in figure 1 represent the total energies in surface waves at isoseismal III for two earthquakes; the maximum intensities will be the same, but the longer earthquake will be represented by the longer curve, and this will, in general, correspond to a more distant and therefore a longer isoseismal III. It is fairly general that the more severe the earthquake the longer its duration and the greater the distance and, therefore the length of isoseismal III. We may therefore, as an approximation, take the length of this isoseismal as proportional to the duration of the shock. The square of its length may then be considered as proportional to the total energy emitted by the earthquake; and even if this quantity is five times larger than, or one fifth as large as, it should be, we shall still get a much closer estimate than we now have of the relative amounts of energy emitted by different earthquakes.

This method gives nearly the same results as the method of Milne already noticed, namely, to take the area sensibly shaken as proportional to the energy. If the isoseismal adopted were circular, its area would be proportional to the square of its length; as it becomes more and more elliptical the proportionality becomes less; but the isoseismal III is not apt to depart far from a circular form.

We must then first find the length of the isoseismal line. Evidently any isoseismal might be used, but it seems preferable to use number III of the Rossi-Forel scale. This isoseismal is apt to be less irregular than the inner ones; it is never lacking in the lighter felt shocks; and where observations are incomplete, it may be taken as a circle, whose radius equals the greatest distance at which the shock has been distinctly felt.

By smoothing out irregularities in the isoseismal its shape may in general be considered elliptical; the square of its length can be readily found from the table below, where is tabulated the factor by which the square of the major axis must be multiplied to obtain the square of the length of the line, for various ratios of the major axis (*a*) and the minor axis (*b*).

a/b	Factor	a, b	Factor
1	38	1.8	24
1.07	34	2.1	22
1.25	30	2.5	20
1.4	28	3.5	18
1.6	26	6.7	16

By the application of this method we get the following values for the energy liberated in a number of earthquakes. Too much reliance must not be put upon these figures but they undoubtedly give a reasonable estimate of the relative energies liberated. The values given in ergs are obtained by comparison with the energy of the California earthquake. The enormous differences between the first Ischian and the Charleston earthquakes is very striking; the latter has about 9000 times as much energy as the former, though near the epicentres the former was quite as violent as the latter. The Hereford earthquake, where the greatest damage consisted in the destruction of chimneys and the formation of cracks in church towers, liberated about the same amount of energy as the Messina earthquake, which caused the death of more people than any earthquake known.

Region.	Date.	Square of length of isoseismal III: km <sup>2</sup> .	Energy in Ergs.
Ischia	March 4, 1881	10.000	1.6 × 10 <sup>21</sup>
Ischia	July 28, 1883	40.000	6.5 × 10 <sup>21</sup>
Costa Rica	May 4, 1910	1,000.000	0.16 × 10 <sup>24</sup>
Inverness	Sept. 18, 1901	2,200.000	0.36 × 10 <sup>24</sup>
Messina	Dec. 28, 1910	4,700.000	0.57 × 10 <sup>24</sup>
Hereford	Dec. 17, 1896	5,000.000	0.8 × 10 <sup>24</sup>
Riviera	Feb. 23, 1887	6,800.000	1.1 × 10 <sup>24</sup>
California	April 18, 1906	10,800.000	1.75 × 10 <sup>24</sup>
Mino-Owari	Oct. 28, 1891	13,700.000	2.2 × 10 <sup>24</sup>
India	June 13, 1897	71,000.000	11.4 × 10 <sup>24</sup>
Charleston	Aug. 31, 1886	89,000.000	14.4 × 10 <sup>24</sup>
Lisbon	Nov. 1, 1775	120,000.000	19.4 × 10 <sup>24</sup>
New Madrid	Febr. 7, 1811	170,000.000	27.5 × 10 <sup>24</sup>

The suggestion arises that we might test the accuracy of this method by comparing the relative values of the energies obtained by using different isoseismals. But we find the ratios are not the same; for instance the ratio of the energies of the Indian to the California earthquake is 6.5 by isoseismal III, and 10 by isoseismal VIII; although this difference is not so great, and we might well be pleased if we could determine the relative energies of earthquakes with no greater error, a little consideration will show that we should not expect the same results by using different isoseismals. In the first place the positions of the inner isoseismals will be much more influenced by the depth of the focus and its form than the outer isoseismals; for instance, if, as Oldham thinks, a great tract of land was displaced on a nearly horizontal fault plane at the time of the

Indian earthquake, the position of isoseismal VIII would be very different from what it would have been, if the movement had been on a vertical plane, as in the case of the California earthquake. And then the quantity of energy in the surface waves is not constant for the different isoseismals of the same earthquake. The energy passing through unit length of an isoseismal is proportional to the square of the amplitude for waves of the same period; and the total energy passing through the isoseismal equals the energy per unit length multiplied by the length. If the energy were the same for all the isoseismals, this product should be constant and

$$\frac{a'^2}{a''^2} = \frac{l''}{l'}$$

should hold, where the accents refer to any two isoseismals, and where the  $a$ 's are the amplitudes of the vibrations and the  $l$ 's are the lengths of the isoseismals. The accelerations are proportional to the amplitudes, and therefore

$$\frac{f'}{f''} = \frac{a'}{a''} = \sqrt{\frac{l''}{l'}}$$

where the  $f$ 's are the accelerations. Let us apply this relation to the Hereford earthquake.<sup>1</sup> The isoseismal III is nearly circular with a radius of 360 km; its length therefore is 2260 km, whose square root is 47.5. Isoseismal VIII is elliptical, the major axis is 32.2 km and the minor 17.8 km. Its length is 161 km, and the square root is 12.7; we find

$$\frac{f'}{f''} = \frac{47.5}{12.7} = 3.7.$$

We have no very satisfactory determinations of the accelerations corresponding to the various isoseismals; Holden gives 60 mm per second for isoseismal III and 500 mm for isoseismal VIII, the ratio being about 8. Omori gives an acceleration of 1200 mm for isoseismal VIII. It is quite certain that the ratio of the accelerations at VIII and III is far greater than 3.7.

The discrepancy is partly explained by the dying down of the vibrations of shorter period between the two isoseismals; a condition which is pretty well attested; for instance, Omori has estimated the period of the vibrations in San Francisco at the time of the earthquake of 1906, at about one second; at Carson City, distant 290 km, it was about 3 seconds, and the seismograph records at distant stations show periods of 15 to 30 seconds. We must believe that near the origin surface waves of many periods are set up, that the intensity there is also increased by the body waves, and by the conjunction of waves from different parts of the fault surface in which the shock had its origin, that the body waves diminish very rapidly in intensity with increasing distance, and that the surface waves diminish also with the distance, though less rapidly, but lose force by the damping of the more rapid vibrations. Since the acceleration is proportional to the first power of the amplitude and inversely to the square of the period, it is evident that near the origin the more rapid vibrations will determine the positions of the isoseismals, whereas, at a great distance, where these have pretty well died out, the positions of the isoseismal is determined by the slower vibrations which still persist. Water waves offer an analogous phenomenon; near a storm centre waves of many periods exist, but the most striking are those with a period of 8 or 9 seconds. At a comparatively short distance away many of the waves of very short period have been damped out; and at a distance of several hundred kilometers, even the dominant waves of 8 seconds period have disappeared, and only a great swell with about 20 seconds period remains. Although this swell must also exist at the storm centre, it is unnoticed, being masked by the waves of shorter period.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> A Study of Recent Earthquakes, by Charles Davison, Sc. D., pp. 215—245.

<sup>2</sup> Waves of the Sea and other Waves, by Vaughan Cornish, London, 1910.

All of these considerations point to the inaccuracy of the method of comparing the energies of earthquakes by the squares of the lengths of the isoseismals III; but nevertheless, the method probably gives us a better idea of the relative energies than we can at present form in any other way.

There is still another method of determining the energy liberated by earthquakes, which will probably yield very valuable results in the future. Disregarding, for the present, the question of absorption, if we could determine the quantity of energy carried to all parts of the earth's surface by the body waves its total amount would represent the energy emitted by the shock. But this total amount can be estimated from the observation of the energy arriving at a single point of the earth's surface; for the distribution of the energy over the earth's surface follows a definite law, and the amount at one station, whose distance from the origin is known, will lead immediately to the total amount. Knott<sup>1</sup> has shown the relation of the surface distribution of energy to the angle of emergence of the rays; the angle can be determined from the transmission curve; therefore, the surface distribution of energy (neglecting absorption), at least up to distances of 80° or 90°, can be expressed as accurately as the transmission curve.

But the absorption of energy along the path of the ray is certainly not negligible; up to the present no attempt has been made to determine it; but it will not be many years before it will be fairly well known. Suppose a series of lines, at right angle to the wave front, encloses a tube whose section increases with the distance from the origin. Let  $E$  be the amount of energy which passes a section of the tube;  $K$  the coefficient of absorption;  $ds$ , an element of the path; then

$$dE = -KE ds; E = E_0 e^{-\int K ds}$$

$E_0$  is the energy in this tube near the origin.  $K$ , is variable, depending upon the depth below the surface. We shall soon succeed in measuring the earthquake energy arriving at the earth's surface at different distances from the origin, and we shall then, knowing the path of the ray, be able to work out the value of  $K$  as a function of depth. The solution of this problem will bring with it many important results. Observations at a single station will make it possible, by the length of the first phase, to determine the distance of the origin; by Galitzin's method, to determine its direction, and then to locate the origin; and by measuring the energy arriving at the station, to determine the total energy of the earthquake. This will be an important advance in observational seismology.

But this is not all. There will be two values of  $K$ ; one for the compressional and one for the distortional waves; and the presence or absence of a discontinuity in their values will indicate a sudden or gradual change in the physical character of the earth's interior with increasing depth. In particular, we should expect a very rapid increase in the absorption of the distortional waves if they should encounter a layer of somewhat plastic material. The depth at which the temperature is nearest the melting point of rock under the corresponding pressure would probably also be revealed by the value of the same coefficient.

It is not to be expected that there will not be difficulties in the determination of the energy; if there is dispersion of the waves in the earth's interior a serious complication will arise; but the importance of the results to be obtained makes the determination of the energy of earthquakes by this method a problem worthy of the best efforts of seismologists.

HARRY FIELDING REID.

<sup>1</sup> Physics of Earthquake Phenomena, p. 254.



## Earth Movements and Earthquakes during the elevation of Mountain Ranges.

It is well recognized that there are two classes of forces concerned in the movements continually occurring in the earth's crust, namely, tangential and vertical forces.

Tangential forces have by many been considered the dominating forces in the elevation of mountain ranges; but the theory of isostasy, which has recently received strong confirmation, is wholly opposed to this idea; for it teaches that an extra quantity of material cannot be, or at least, is not, piled up on any part of the earth's surface. The forces which elevate mountains must be vertical, and must be due to the expansion or contraction of the underlying rock, and not to an increase in the quantity of material.

We have very clear examples of the action of vertical forces. The rockfolding of the Appalachian system took place in Palaeozoic time; the region was later base-leveled, and its present altitude is due to a broad flat archedshaped elevation which was raised at the end of the Cretaceous. The Sierra Nevada range may be described in general terms as a tilted block, which was elevated by vertical forces long after its strata had been closely folded by tangential forces. Mt. St. Elias, in Alaska, is a tilted block, with unfolded strata; and the great high plateaux of the western United States have been elevated without the aid of compressive forces. Many of these elevated masses are separated from the adjoining regions by great normal faults, which occur in some cases on both sides, in some cases only on one side, of the elevations. SUSS has described regions, geologically elevated or depressed, which are surrounded by peripheral normal faults.

It was pointed out in the Report of the California Earthquake of April 18, 1906, that that shock was due to a movement on the San Andreas fault; that the slow relative movements of two adjoining regions set up a shearing stress in a zone between them, that this stress became greater than the strength of the rock on the old fault surface, and that as a consequence, a rupture occurred, and the rock on opposite sides of the rupture sprang back under its own elastic stresses towards a position of elastic equilibrium. Now this process is inherent in the nature of elastic solids like rock. Rock cannot break without first being strained; the corresponding elastic stresses are always set up and when the rupture takes place the elastic rebound necessarily follows.

When a certain portion of the earth's crust is raised or depressed under the action of vertical forces, it does not move as a perfectly rigid body without distortion. If the movement is slow enough, the crust may readjust itself to its changing position by plastic deformation; if the movement is too fast for this, elastic strains will predominate, and these will be particularly strong around the boundaries of the moved region, where the relative displacement of adjoining tracts is especially large. If these strains become great enough rupture will ensure, and the two lips of the rupture will rebound in opposite directions under their own elastic forces, and a fault will be

formed. No sudden movement of the central mass is necessary for the formation of the fault, and none occurs. It is only necessary that elastic stresses beyond the strength of the rock be set up in the bounding zone by the elevation or depression of the central mass, which may take place with extreme slowness; and at the time of the rupture the only sudden movement that occurs is the elastic rebound of the lips.

We can picture to ourselves the elevation of mountain ranges and the formation of great faults as follows: The earth's crust is first bent up as in figure 1 under the vertical forces indicated by the arrows. The elastic stresses are greatest at *a* and *b*; when the breaking stress is reached, the rupture occurs and the two sides of each fault springs back to the positions shown in figure 2. In the course of time the two sides of the faults are recemented by the deposition from percolating waters. If the vertical forces continue to act the elevation will continue and the faulting process will be repeated; the main mountain mass will rise with some continuity, but the dis-

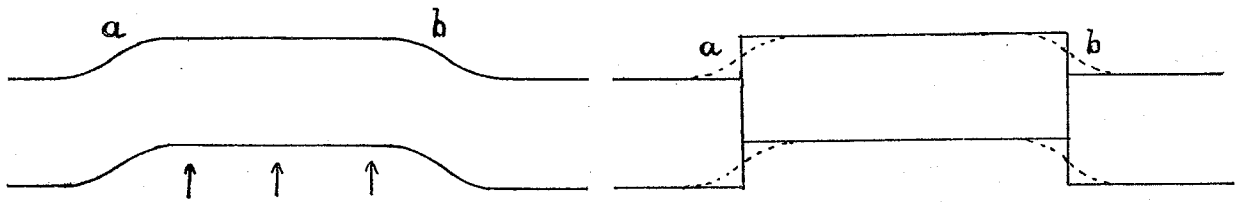


Figure 1.

Figure 2.

placements on the faults will take place by a series of small sudden jumps, each accompanied by an earthquake. We must never think of great faults being formed at one time, nor as being the result of slow continuous and long continued slipping; but as the result of a series of small sudden displacements, separated by periods during which the slow movements of the adjoining regions are gradually setting up elastic strains in the neighborhood of the fault. The scarps formed will usually only last for a short time; the everpresent action of erosion will in time obliterate them, so that the positions of the bounding faults will not be made evident by the existence of scarps. They must be determined by the dislocation of the geologic strata.

We have represented the movements in the two faults as taking place simultaneously; this not only is not necessary, but would probably be a very rare occurrence. The elevating forces would hardly ever be so evenly distributed as to bring the elastic stresses on the opposite boundaries of the mountain mass to the breaking point at exactly the same time; and if the mass had anything like the usual breadth of mountain ranges, say thirty or more kilometers, the relief of stress at one boundary would not materially increase the stress at the other. Indeed, at the time of a rupture, the sudden displacement will usually be confined to a small part of a fault and will not extend to its whole length, as is well illustrated by the distribution of earthquakes along the Mürz and Kamp lines, which *Suess* has so ably discussed.

HARRY FIELDING REID.

## Eine graphische Methode zur Bestimmung der Lage des Epizentrums eines Erdbebens.

Von  
C. ZEISSIG.

Wenn wir bei der täglichen Durchsicht der Registrierungen unserer Seismographen ein Beben aufgezeichnet finden, so drängt sich uns als erste Frage auf: „wo war das Epizentrum?“ Um diese immer wiederkehrende Frage möglichst schnell und sicher beantworten zu können, sind in den letzten Jahren von mehreren Seiten ausgezeichnete Methoden beschrieben worden. Eine graphische Methode habe ich seit etwa zwei Jahren in Gebrauch, die den Vorteil besitzt, sehr schnell und mühelos zum Ziel zu führen. Sie setzt allerdings die Beschaffung von Tafeln voraus. Sind dieselben aber einmal berechnet und gezeichnet, so ist die Berechnung eines Epizentrums eine mechanische Arbeit, die man einer technischen Hilfskraft sehr gut übertragen kann.

Dem FÜRSTEN B. GALITZIN<sup>1</sup> gelingt es, dank der hohen Empfindlichkeit seiner Seismographen, aus den Beobachtungen *einer einzigen Station* das Epizentrum mit einer bemerkenswerten Genauigkeit<sup>2</sup>

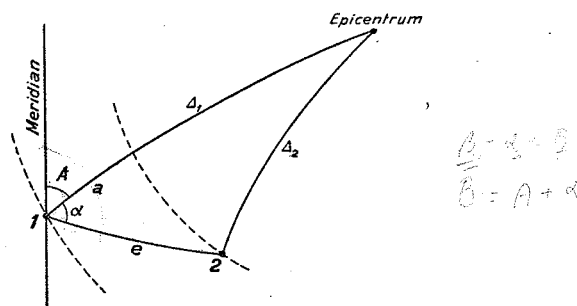


Fig. 1.

zu bestimmen. Die hier zu beschreibende Methode stützt sich dagegen auf die Beobachtungen *mehrerer Stationen*, und zwar auf die Zeiten  $P_1 P_2 \dots$  des Anfangs des ersten Vorbebens. Diese Einsätze sind erfahrungsgemäss meist schärfer registriert und genauer zu bestimmen als die Ankunftszeiten  $S$  des zweiten Vorbebens. Bei unsicheren Eintrittszeiten  $S$  verliert z. B. jene elegante und äusserst übersichtliche *stereographische Methode* des Herrn DR. KLOTZ<sup>3</sup> an Bedeutung, die sich auf die Epizentralabstände  $\Delta_1 \Delta_2 \dots$  mehrerer Stationen stützt, und für solche Fälle kann die hier zu beschreibende Methode gute Dienste leisten.

<sup>1</sup> FÜRST B. GALITZIN: Zur Frage der Bestimmung des Azimuts des Epizentrums eines Bebens. St. Petersburg, 1909.

<sup>2</sup> Derselbe: Bestimmung der Lage des Epizentrums eines Bebens aus den Angaben einer einzigen seismischen Station (Resultate).

<sup>3</sup> OTTO KLOTZ: Earthquake epicentres. Journal of the Royal Astronomical Society of Canada, 1910.

Erforderlich ist, dass die Stationen, deren Ankunftszeiten  $P$  zur Berechnung des Epizentrums dienen, über eine genaue *absolute Zeit* verfügen. Diese Forderung lässt sich aber besonders leicht durch Einrichtungen zum Empfang *radiotelegraphischer Zeitsignale* erfüllen, wie sie von radiotelegraphischen Grosstationen gegeben werden. Für Europa kommen in erster Linie die Signale vom *Eiffelturm in Paris* in Betracht.<sup>1</sup> Je mehr die Abgabe solcher Zeitsignale Verbreitung findet, desto mehr seismische Stationen werden sich des Empfangens dieser Signale zur bequemen Bestimmung ihrer Uhrfehler bedienen, was dem seismischen Beobachtungsmaterial zum Vorteil gereichen wird.

Aber selbst wenn die eine oder andere der zur Berechnung verwendeten Zeiten  $P$  fehlerhaft sein sollte, so wird die Erkenntnis dieses Fehlers, da keine langwierigen Rechnungen oder Konstruktionen bei der vorliegenden Methode auszuführen sind, nicht allzu grosse Schmerzen bereiten. Immerhin ist es sehr zu wünschen, dass solche Fälle nur selten vorkommen möchten!

Das von Herrn L. GEIGER<sup>2</sup> beschriebene vollständige *rechnerische Verfahren* und die *graphische Methode* schliessen einander nicht aus, insofern erstere zur genauen Herdbestimmung dann schätzbare Dienste leisten wird, wenn die *angenäherte Lage* des Herdes durch die graphische Methode bestimmt worden ist und nun eine *genauere Herdberechnung* nach Massgabe des vorliegenden Beobachtungsmaterials angebracht erscheint.

#### *Konstruktion der Tafeln.*

Es seien für die Station 1 und die Station 2 die Ankunftszeiten der ersten Kompressions- oder Dilatationswelle  $P_1$  und  $P_2$  bekannt. Dann lässt sich die Strecke  $a$  (cf. Fig. 1) aus der Differenz  $P_1 - P_2$  oder der Epizentraldistanz  $\Delta_1$  berechnen, und zwar auch dann noch mit hinreichender Genauigkeit, wenn  $\Delta_1$  nur angenähert bekannt ist. Der Richtungswinkel  $\alpha$ , der die Richtung des Epizentrums von der Station 1 aus in bezug auf die Station 2 angibt, ist dann

$$\cos \alpha = \frac{\cos(\Delta_1 - a)}{\sin \Delta_1 \sin e} - \cotg \Delta_1 \cotg e$$

Wenn nun für eine gewisse Epizentraldistanz  $\Delta_1$  zusammengehörige Werte  $\alpha$  und  $P_1 - P_2$  berechnet und in ein rechtwinkliges Koordinatensystem eingetragen werden, ergibt sich eine Kurve für diese Epizentraldistanz  $\Delta_1$ , die rückwärts für jede mögliche Differenz  $P_1 - P_2$  der Eintrittszeiten für Station 1 und Station 2 in Sekunden den Richtungswinkel  $\alpha$  in Grad zu entnehmen gestattet.

Hier sind (Fig. 2)<sup>3</sup> für die Stationen *Jugenheim* (Station 1) und *Wien* (Station 2) und für die Werte  $\Delta_1 = 500, 1000, 1500 \dots 10,000$  km die Kurven auf Millimeterpapier gezeichnet, und man überzeugt sich leicht, dass diese Kurven hinreichend nahe einander verlaufen, so dass sich Zwischenwerte  $\Delta_1$  mit einer Genauigkeit interpolieren lassen, die bei der im Durchschnitte erreichten Beobachtungsgenauigkeit der seismischen Stationen genügend ist.

Für eine grosse Anzahl seismischer Stationen, denen ich regelmässige oder häufige Mitteilungen der Ankunftszeiten  $P$  verdanke, habe ich solche Tafeln berechnen und zeichnen lassen, nämlich für *Hohenheim, Strassburg, Aachen, Göttingen, Jena, München, Potsdam, Hamburg, Paris, Moncalieri, Padua, Wien, (= Graz), Triest, Laibach, Breslau, Agram, Budapest, Rocca di Papa, Sarajevo, Eskdalemuir, Belgrad, Sofia (= Mileto), Catania, Algier, Cartuja, Pulkowa, Ksara, Tiflis*.

Jede dieser Tafeln ist sowohl von *Jugenheim* aus zum Bestimmen des Richtungswinkels  $\alpha$  zu benutzen, als auch von den angegebenen Stationen aus, im letzteren Falle dann jedesmal in Verbindung mit *Jugenheim*.

Aus dem Richtungswinkel  $\alpha$  und dem bekannten Azimut der hinzugezogenen Station ergibt

<sup>1</sup> Normale Reichweite 3000 km.

<sup>2</sup> LUDWIG GEIGER: Herdbestimmung bei Erdbeben aus den Ankunftszeiten. Nachr. d. K. Ges. der Wiss. zu Göttingen 1910.

<sup>3</sup> Der Deutlichkeit wegen sind in der hier abgedruckten Figur einige Zwischenkurven  $\Delta_1 = 500, 1500, 2500 \dots$  weggelassen.

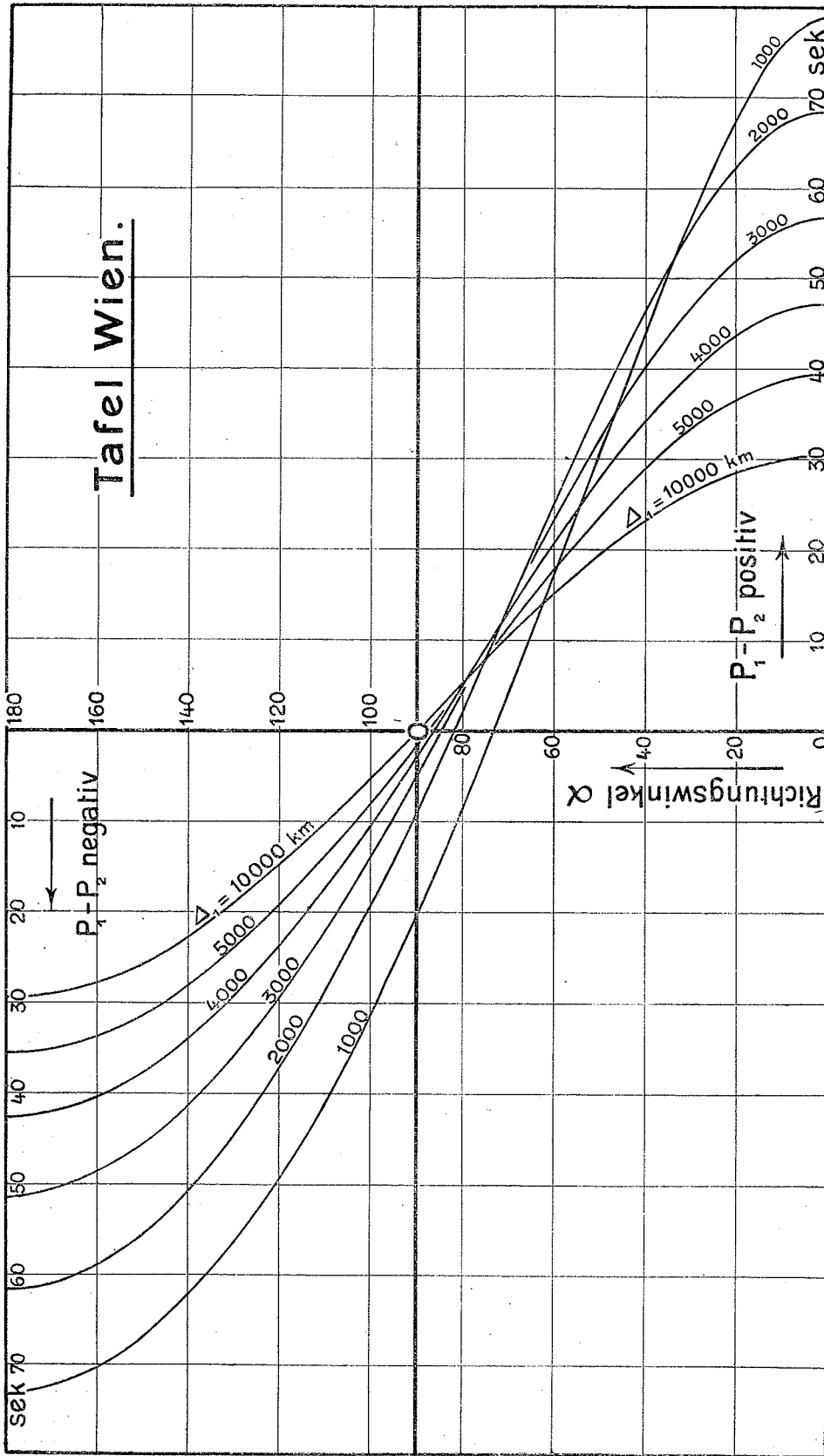


Fig. 2. Tafel „Wien“ zum Entnehmen des Richtungswinkels  $\alpha$  eines Epizentrums von *Jugenheim* aus, wenn die Differenz  $P_1 - P_2$  der Ankunftszeiten der ersten Vorläufer für *Jugenheim* und *Wien* gegeben ist. Entfernung *Jugenheim—Wien*:  $587\frac{1}{2}$  km.

sich der Azimut  $A$  des Epizentrums, und zwar *zweideutig*, wenn mit nur *einer* Station gerechnet wird, dagegen *eindeutig* bei *mehreren* Stationen.

*Beispiel.* Als Beispiel sei das *Oshima-Beben* vom 15. Juni 1911 gewählt. Man erhält mit Hilfe der Tafeln die folgenden übersichtlichen Resultate:

	P			Diff. der P	$\alpha$	A
	h	m	s			
Jugenheim . . . . .	14	38	20			
Eskdalemuir . . . . .		38	33	— 13	103°	55° E
Aachen . . . . .		38	23	— 3	105	47 "
Hohenheim . . . . .		38	22	— 2	117	48 $\frac{1}{2}$ "
München . . . . .		38	17	+ 3	78	50 $\frac{1}{2}$ "
Wien . . . . .		38	01	+ 19	52	52 "
Graz . . . . .		38	09	+ 11	69	49 "
Agram . . . . .		38	11	+ 9	76	50 "
Rocca di Papa . . . . .		38	33	— 13	105	54 "
Mileto . . . . .		38	46	— 26	110 $\frac{1}{2}$	41 "
Catania . . . . .		38	39	— 19	104	53 "
Belgrad . . . . .		37	58	+ 22	66	51 "
Sofia . . . . .		37	58	+ 22	72	47 "
Ksara . . . . .		37	33	+ 47	70	52 $\frac{1}{2}$ "

Mittel: 49 $\frac{1}{2}$ ° von N nach E

Bei einer Herdentfernung für Jugenheim  $\Delta_1 = 9500$  km führt dieser Azimut zu den geographischen Koordinaten des Herdes

$$\varphi = 28\frac{1}{2}^\circ \text{ N}$$

$$\lambda = 129^\circ \text{ E}$$

Es sind in der vorstehenden Berechnung solche Stationen ausgewählt, für die die Eintrittszeit  $P_2$  wenig von der Eintrittszeit  $P_1$  für Jugenheim abweicht. In diesen Fällen sind etwaige Zeitfehler von kleinstem Einfluss und ebenso etwaige Fehler in der Laufzeitfunktion. Dass die entfernten Stationen zu verlässigeren Werten führen als die nahegelegenen, ist selbstverständlich.

#### Graphische Berechnung der geographischen Koordinaten.

Die beschriebene Methode ergibt die Lage des Epizentrums durch die *Polarkoordinaten*

Azimut  $A$   
Epizentraldistanz  $\Delta$

ausgedrückt, die in die *geographischen Koordinaten* umzurechnen sind. Ich habe zu dieser Operation wieder die *graphische Methode* bequem gefunden und verwende zwei Tafeln, von denen die eine zum Bestimmen der geographischen *Breite*, die andere zum Bestimmen der geographischen *Länge* dient (Fig. 3 und Fig. 4).

In den Tafeln ist der *Azimut A* von 0 bis 180 Grad gezählt (von Nord über Ost oder West nach Süd). Bei der geographischen *Breite* ist es gleichgültig, ob der Azimut von Nord über Ost oder von Nord über West gezählt wird. Bei der geographischen *Länge* dagegen nicht, und entsprechend ist die Tafel eingerichtet.

Beide Tafeln sind unter Benutzung früher berechneter Zahlentabellen<sup>1</sup> gezeichnet worden,

<sup>1</sup> C. ZEISSIG: Koordinaten-Tafeln für die seismische Station Darmstadt-Jugenheim, nebst Karte. Notizblatt d. Ver. f. Erdkunde. Darmstadt, 1909.

wie sie für viele seismische Stationen berechnet sind nach den Angaben von PROFESSOR G. GRABLOVITZ in *Ischia*, der zuerst *Weltkarten* für seismische Zwecke mit Direktiven und Äquidistanten gezeichnet hat. Die den Kurvensystemen dieser Weltkarten zugrunde liegenden Tabellen sind ohne

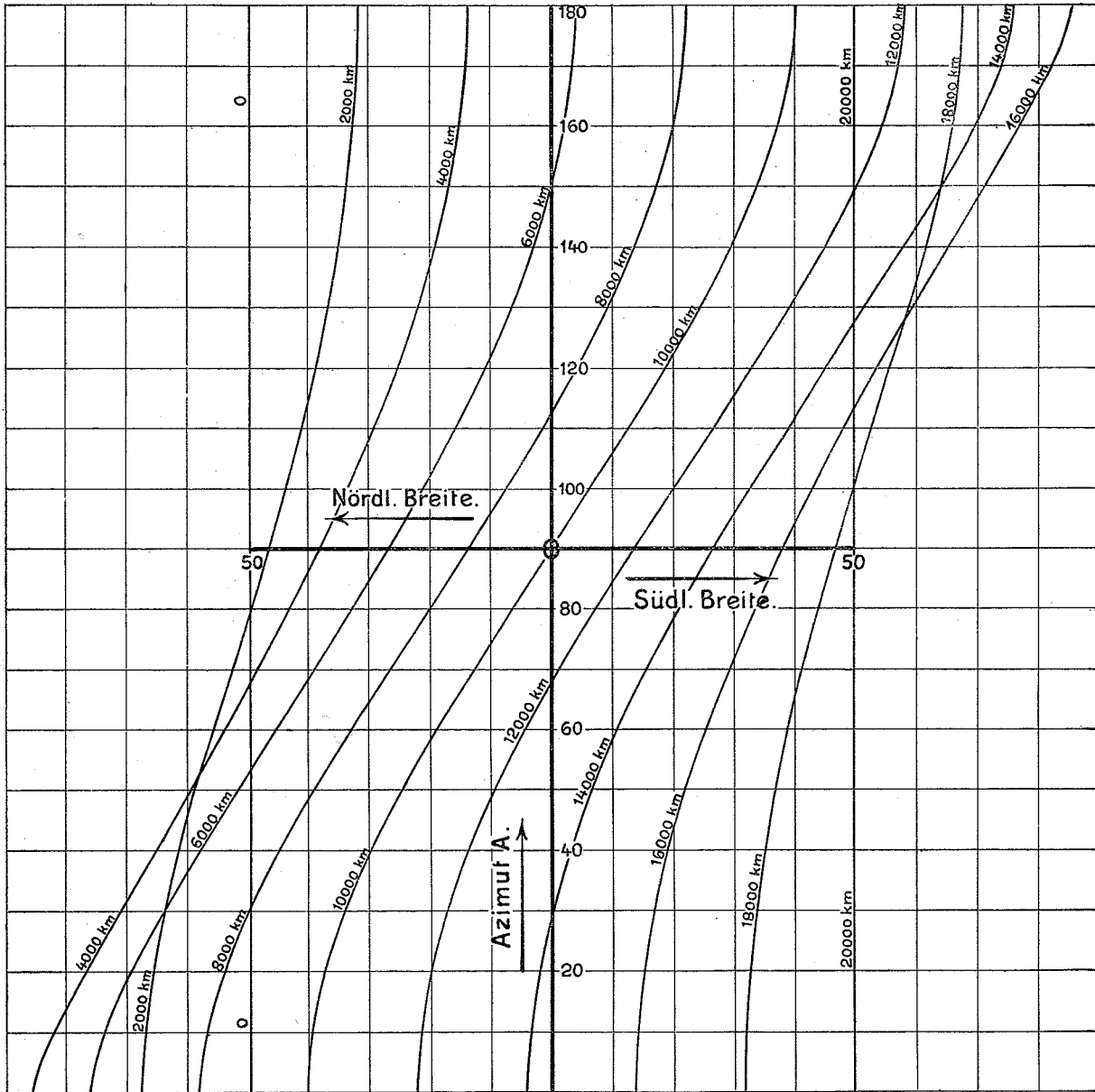


Fig. 3. Tafel zum Aufsuchen der *geographischen Breite* eines Epizentrums, wenn dessen *Azimut A* und *Entfernung  $\Delta$* , von *Jugenheim* aus gegeben sind.

weiteres, wie leicht verständlich ist, zur Konstruktion von Tafeln zu benutzen, wie sie in Fig. 3 und 4 für *Jugenheim* gezeichnet sind.

Bei obigem Beispiel (vorige Seite) sind diese Tafeln zum Berechnen der *geographischen Herdkoordinaten* benutzt.

Die Tafeln sind natürlich auch zu verwenden bei der *Galitzinschen Methode* der Bestimmung des Epizentrums aus den Angaben nur einer Station. Denn auch hierbei sind die *Polarkoordinaten Azimut* und *Epizentraldistanz* in die *geographischen Koordinaten* umzurechnen.

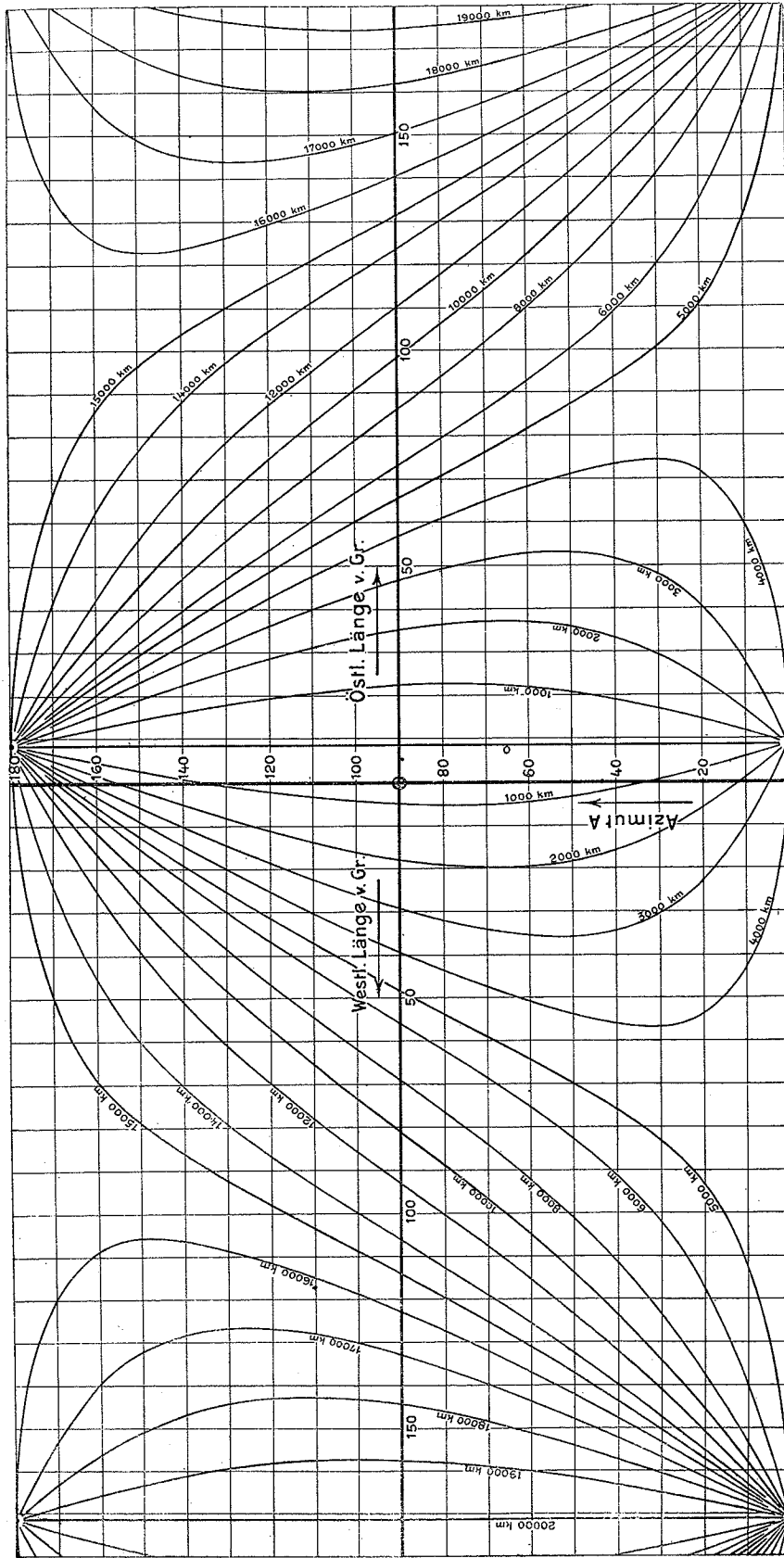
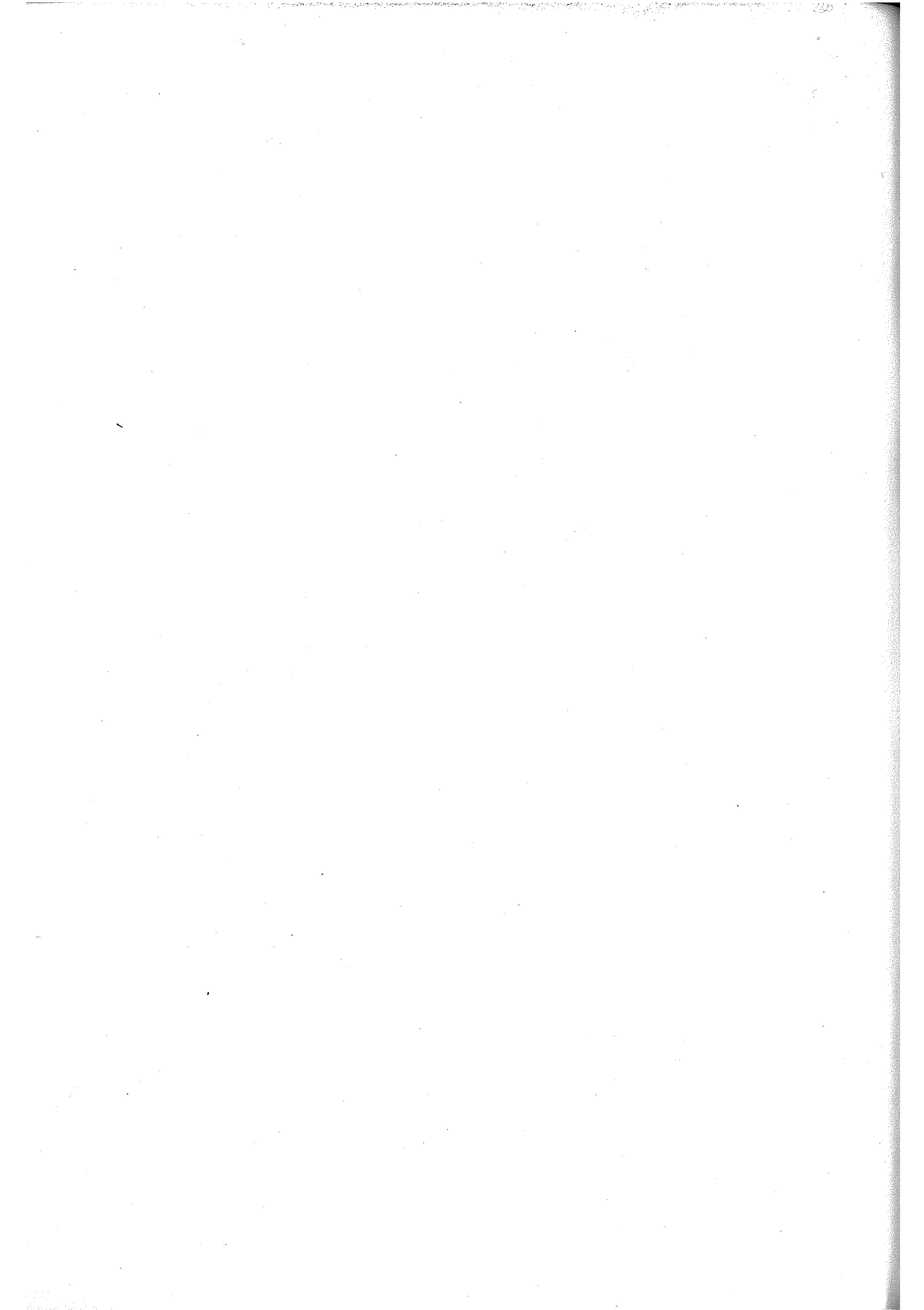


Fig. 4. Tafel zum Entnehmen der *geographischen Länge* eines Epizentrums, dessen *Azimut A* und *Entfernung  $\Delta_1$*  von *Jugendheim* aus gegeben sind.



# APPENDICE — ANHANG

CIRCULAIRES OFFICIELLES — AMTLICHE RUNDSCHEIBEN



Appendice I.

Strassburg i. E., den 31. März 1910.

Sehr geehrter Herr!

Da ich jetzt die Leitung der Kaiserlichen Hauptstation für Erdbebenforschung und damit auch die des Zentralbureaus niederlege, ist es mir Bedürfnis, allen den Herren, mit denen mich gemeinsame Arbeit manche Jahre hindurch verbunden hat, ein herzliches Abschiedswort auszusprechen. Was wir aus kleinen Anfängen werden sahen, steht heute begründet und, wie wir alle hoffen, dauernd begründet da. Wenn ein Gedanke mir das Aufgeben einer mir so lieb gewordenen Tätigkeit erleichtert, so ist es der, dass unser Werk sich weiter entwickeln wird und muss, an den nach meinen bescheidenen Kräften mitgearbeitet zu haben mir stets zur grössten Genugtuung gereichen wird. Wie der Erdbebenforschung auch in Zukunft mein volles Interesse gehören wird, so nehme ich aus der Vergangenheit das lebhafteste Gefühl des Dankes mit, allen denen gegenüber, mit denen gemeinsam ich für das gleiche grosse Ziel arbeiten konnte. Und so lassen Sie mich Ihnen beim Scheiden aus meiner Stellung herzlich Lebewohl sagen.

In vorzüglicher Hochachtung

gez.: PROF. DR. GERLAND.

Appendice II.

Association internationale de sismologie.

Menthon-St-Bernard, le 17 juillet 1910.

Monsieur le Délégué et cher Collègue,

Conformément à la communication que je viens de recevoir de M. Th. LEWALD, Conseiller intime à l'Office impérial de l'Intérieur et Président du Comité de direction de la Station centrale impériale de sismologie de Strasbourg, et au nom de M. le Président de la Commission permanente de l'Association internationale de sismologie, j'ai l'honneur de porter à votre connaissance que la direction de ladite station centrale, vacante depuis le 1<sup>er</sup> avril 1910 par suite de la retraite de M. G. GERLAND, ancien directeur, a été confiée à M. le PROFESSEUR O. HECKER, Chef de section à l'Institut royal géodésique de Potsdam, et qu'on cherchera, dès le début de l'année prochaine, à stabiliser ce poste de directeur.

J'ai le plaisir de vous rappeler que le nouveau Directeur, entré en fonctions le 16 courant est, en même temps, selon notre Convention, Directeur du Bureau central de l'Association internationale de sismologie.

Veillez agréer, Monsieur le Délégué et cher Collègue, l'assurance de ma plus parfaite considération.

R. DE KÖVESLIGETHY  
Secrétaire général.

Appendice III. 1.

Association internationale de sismologie.

Manchester et Budapest, le 1<sup>er</sup> décembre 1910.

Monsieur le Délégué et cher Collègue,

Le budget de l'Association internationale de sismologie, voté à Zermatt pour les années financières du 1<sup>er</sup> avril 1909 au 31 mars 1910, et du 1<sup>er</sup> avril 1910 au 31 mars 1911, échoit à cette dernière date. La réunion prochaine de la Commission permanente à Manchester n'ayant lieu que vers la fin de juillet 1911, nous sommes obligés, en nous conformant aux décisions de la séance de Zermatt (proposition Darboux, Comptes-rendus 1909, pages 29), de vous demander de voter par correspondance un budget intérimaire.

Nous avons prié M. le Directeur du Bureau central de Strasbourg de bien vouloir nous dresser, pour la période du 1<sup>er</sup> avril jusqu'au 31 août 1911, un projet de budget basé sur celui qui a été adopté à Zermatt pour l'année 1910—1911, et sur les recommandations que M. VAN DER STOK, réviseur, au nom du Comité, des comptes du Bureau central pour l'exercice 1909—1910 aurait pu faire, dans son rapport financier. M. le Directeur a répondu à notre demande et nous avons l'honneur de soumettre à votre vote ce budget intérimaire, et de vous donner copie de ce rapport financier.

Veillez agréer, Monsieur le Délégué et cher Collègue, l'assurance de notre parfaite considération.

R. DE KÖVESLIGETHY  
Secrétaire général.

A. SCHUSTER  
Président.

Appendice III. 2.

Le Directeur du Bureau central.

Strasbourg, le 8 novembre 1910.

**Projet de Budget intérimaire pour la période du 1<sup>er</sup> avril au 31 août 1911.**

a) *Secrétaire général:*

1. Traitement du Secrétaire général . . . . .	1,667 M	
2. Expéditionnaire . . . . .	833 "	
3. Impression des comptes-rendus . . . . .	833 "	
		<hr/>
		3,333 M

b) *Comité de la Commission permanente:*

Compétence du Comité de la Commission permanente . . . . .	417 M
--	-------

c) *Bureau central:*

1. Indemnité du Directeur . . . . .	1,667 M	
2. Collaborateur scientifique . . . . .	1,667 "	
3. Un assistant scientifique . . . . .	750 "	
4. Un aide scientifique . . . . .	500 "	
5. Mécanicien . . . . .	833 "	
6. Expéditionnaire . . . . .	833 "	
7. Publications et frais d'expédition . . . . .	2,917 "	
8. Frais de bureau . . . . .	250 "	
9. Bibliothèque . . . . .	167 "	
10. Entretien . . . . .	100 "	
11. Loyer . . . . .	500 "	
12. Matériaux pour l'exécution des travaux pratiques de l'atelier . . . . .	167 "	
13. Appointements du Caissier comptable . . . . .	250 "	
		<hr/>
		10.601 M
		<hr/>
		14,351 M

*Recettes ordinaires:*

Cotisations des vingt-deux États associés pour le temps du 1-er avril au 31 août 1911 . . . . .	15,333 M
--	----------

*Balance:*

Dépenses ordinaires . . . . .	14,351 M	
Réserve disponible . . . . .	982 "	
		<hr/>
		15,333 M

HECKER.

Appendice IV. 1.

Association internationale de sismologie.

Manchester et Budapest, le 1<sup>er</sup> décembre 1910.

Monsieur le Délégué et cher Collègue,

La troisième Conférence de la Commission permanente de l'Association internationale de sismologie, réunie à Zermatt en 1909, a accepté par acclamation l'aimable invitation de l'Université de Manchester d'y tenir sa quatrième conférence de commission et sa deuxième assemblée générale.

Par suite, le Comité, d'accord avec le Vice-Chancelier de l'Université, a décidé que cette réunion aura lieu du 18 au 22 juillet 1911.

Nous vous prions de vouloir bien inscrire sur l'avant-projet ci-joint de l'ordre du jour vos propositions et vos communications pour la Conférence et pour l'Assemblée, et de nous renvoyer l'un des exemplaires avant le 28 février prochain. Nous nous permettons particulièrement d'attirer votre attention sur les lacunes qui se trouvent encore dans la liste des conférences et discussions.

L'ordre du jour définitif, dressé en tenant compte de vos additions, ainsi que le programme, vous seront communiqués le premier avril 1911.

Enfin nous vous prions de bien vouloir dresser la liste des personnes que vous désirez faire inviter par M. le Président. Pour les États, non encore associés, c'est M. le Directeur du Bureau central qui proposera les invitations. Aucune invitation en dehors des listes adressées au Comité ne sera lancée.

Agréez, Monsieur le Délégué et cher Collègue, l'expression de notre plus parfaite considération.

R. DE KÖVESLIGETHY  
Secrétaire général.

A. SCHUSTER  
Président.

Appendice IV. 2.

Association internationale de sismologie.

Manchester et Budapest, le 1<sup>er</sup> avril 1911.

Monsieur le Délégué et cher Collègue,

En renouvelant l'invitation à la quatrième Conférence de la Commission permanente et la deuxième Assemblée générale de l'Association internationale que nous vous avons adressée dans notre lettre du 1<sup>er</sup> décembre passé, nous avons l'honneur de vous transmettre l'ordre du jour complété, ainsi que les rapports du Directeur du Bureau central (art. 11 et 12 de l'ordre du jour) et, en nous conformant à l'art. 9 du Règlement, un projet de modification du Règlement actuellement en vigueur. Les rapports N° 4 et 7, ainsi que le programme des séances seront distribués sous peu.

Veillez agréer, Monsieur le Délégué et cher Collègue, l'expression de notre plus parfaite considération.

R. DE KÖVESLIGETHY,  
Secrétaire général.

ARTHUR SCHUSTER,  
Président.



## Programme of the Meeting.

The Hours of Meetings (except for the Opening Meeting) are subject to alteration.

Delegates and invited guests, including the ladies accompanying them, may obtain Luncheon at the University Refectory, between 12. 30 and 2 o'clock.

### *Tuesday, July 18th.*

- 9.30—12.30 Opening Meeting in the Whitworth Hall.
- 2.0 — 4.0 Meeting in the Physical Laboratory.
- 5.0 — 7.0 Reception by the Lord Mayor in the Town Hall.

(Attention is drawn to the Statues of John Dalton and J. P. Joule in the entrance lobby of the Town Hall.)

### *Wednesday, July 19th.*

- 10.0 — 1.0 } Meetings in the Physical Laboratory.
- 2.0 — 4.0 }
- 4.30— 7.0 Garden Party at Kent House, Victoria Park.

It is suggested that those members, who have no other engagement on Wednesday evening, should visit „Belle Vue Gardens“, to see the open-air performance and fireworks. Members wishing to join the party are requested to give early notice to Dr. W. MAKOWER, at the Physical Laboratory.

### *Thursday, July 20th.*

- 10.0 — 1.0 } Meetings in the Physical Laboratory.
- 2.0 — 4.0 }

### *Friday, July 21st.*

- 10.0 — 1.0 } Meetings in the Physical Laboratory.
- 2.0 — 4.0 }
- 7.45 p. m. Dinner in the University Refectory.

### *Saturday, July 22nd.*

Excursions.

## Appendice VI.

### **A la Commission du Catalogue de l'Association internationale de sismologie.**

Mes très honorés Collègues,

Vous avez reçu du Bureau central de Strasbourg les quatre cahiers du Catalogue sismologique de 1906. Avec moi, vous exprimerez à ce Bureau, au Directeur et à ses collaborateurs, votre reconnaissance pour l'excellent travail qu'il a accompli; vous excuserez le retard mis à cette publication, en l'attribuant aux embarras d'un changement de direction, à la retraite de notre précédent Directeur et fondateur du Bureau Dr. G. GERLAND, et à l'intronisation du nouveau Directeur le professeur Dr. O. HECKER. Au lieu des deux années du Catalogue qui devaient paraître entre les sessions de Zermatt et de Manchester, nous n'en avons qu'une; espérons que dorénavant le Bureau central sera à même d'exécuter sa tâche et de faire paraître, chaque année, une année du Catalogue.

Conformément aux résolutions de Zermatt, nous avons à étudier ce Catalogue de 1906, qui en est encore à la période de mise en train, à approuver ou à corriger la forme qui lui a été donnée, et à faire approuver par le Comité de l'Association les propositions de modifications que nous demanderions avant la mise à l'impression du Catalogue de 1907 (Comptes-rendus de Zermatt pp. 66 résolution II.)

Veillez donc prendre connaissance de ce Catalogue de 1906, et m'adresser vos propositions de changement, ou votre approbation de la forme qui lui a été donnée. Le Bureau central est prêt à mettre à l'impression le Catalogue de 1907; il n'attend que l'autorisation qui lui sera donnée par le Comité. Veillez donc m'envoyer vos réponses avant le premier juin, afin que je transmette la question au Comité.

Vous constaterez avec plaisir que dans son ensemble ce Catalogue de 1906 donne satisfaction aux propositions que nous avons faites à Zermatt. (C. R. pp. 65 résolution I) et qui ont été transformées en résolution sans modifications par la Conférence (C. R. pp. 19).

Le Catalogue est bien divisé en deux parties. La première: les catalogues spéciaux avec leurs six différentes sections, la deuxième: le Catalogue général.

Il a paru en quatre cahiers:

Les deux premiers contiennent les catalogues microsismiques élaborés par le Dr. S. SZIRTES, divisés comme ceux de 1905 en deux parties, I<sup>o</sup> les sismes faibles, en ordre chronologique, II<sup>o</sup> les grands sismes enregistrés par un nombre suffisant de sismogrammes pour qu'on ait pu en rechercher le centre sismique. Une carte intéressante accompagne cette seconde partie et figure la position des épicentres de 102 tremblements de terre ainsi déterminés.

Le troisième cahier renferme: A) l'introduction, B) la bibliographie, C) le résumé sismologique de l'année, D) la liste des grands sismes de l'année, E) la monographie de quelques grands sismes, F) le catalogue régional des macrosismes distribués en 23 régions principales. Et enfin la carte mondiale des sismes de 1906 répartis en régions.

Le quatrième cahier renferme le catalogue général, dans une forme condensée, plus condensée peut-être que celle que nous avons prévue à Zermatt.

Nous devons donc reconnaître qu'il a été donné satisfaction aux décisions de la Conférence de Zermatt.

Quant à la discussion des détails de cette publication, nous sommes en présence de deux faits :

1° La demande du Bureau central de hâter autant que possible l'approbation du Catalogue de 1906, qui lui permette d'entreprendre immédiatement l'impression du Catalogue de 1907 dont les matériaux sont prêts.

2° La prochaine réunion de la Conférence à Manchester, dans deux mois d'ici.

En tenant compte de ces deux circonstances, je vous proposerai de diviser notre travail de critique en deux :

I<sup>re</sup> résolution : Donner sans autre l'approbation au Catalogue microsismique I<sup>re</sup> et II<sup>e</sup> parties, dans sa forme, approuvée déjà pour l'année 1905, acceptée sans changements pour 1906, et pouvant être donnée comme définitive, jusqu'à nouvel avis. Cette approbation, confirmée par le Comité de la Commission permanente, permettrait au Bureau central de commencer sans plus tarder l'impression du catalogue de 1907.

II<sup>e</sup> résolution : Réserver, pour une séance de notre commission, pendant la session de Manchester, la critique ou l'approbation, avec ou sans modifications des deux autres parties, catalogue macrosismique avec ses annexes et catalogue général. Ces deux cahiers du catalogue de 1906 sont dans une forme nouvelle, et méritent une étude attentive avant l'approbation que, je n'en doute pas, vous leur accorderez.

Si vous acceptez ces deux principes, pour faciliter et accélérer la discussion que nous aurons à Manchester, je vous demanderai de me faire tenir avant le premier juillet les propositions de modifications ou de perfectionnement que vous auriez à soumettre à notre Commission. Je les communiquerai au Bureau central qui aura, à leur sujet, un préavis tout préparé à nous donner à Manchester.

Agréé, mes très honorés Collègues, l'expression de mes sentiments les plus distingués.

Morges, le 10 mai 1911.

F. A. FOREL.

Veillez donc me donner immédiatement, avant le premier juin, votre vote sur ces deux questions :

1° Autorisez-vous le Bureau central à procéder immédiatement à l'impression du Catalogue microsismique de 1907, sur le plan de celui de 1906 ?

2° Réservez-vous pour la séance de la Commission à Manchester l'approbation avec ou sans modifications des deux autres parties du Catalogue, catalogue régional avec ses annexes, et catalogue général ?

Veillez aussi m'envoyer, avant le premier juillet les propositions que vous demanderez à soumettre à la Commission du Catalogue pendant sa séance de Manchester.

## Intorno al catalogo internazionale dei macrosismi.

Per. A. CAVASINO.

Nell' ultima riunione della Commissione permanente dell' associazione internazionale di sismologia, tenutasi a Zermatt nell' agosto 1909, ebbi l'onore di presentare, a mezzo del PROF. PALAZZO, Direttore del R. Ufficio Centrale di Meteorologia e Geodinamica in Roma, un progetto di riforma al catalogo internazionale dei macrosismi,<sup>1</sup> nel quale dopo aver mostrato i gravi difetti dei due cataloghi per gli anni 1903 e 1904, fin allora pubblicati — difetti già posti in rilievo dal PROF. G. AGAMENNONE fin dal 1905 e precisamente nel Congresso internazionale di sismologia tenuto a Berlino nel mese di agosto di quell' anno — suggerivo il modo di rimediarmi e facevo vedere, nel medesimo tempo, i grandi vantaggi che avrebbero tratto gli studiosi di sismologia da un tale sistema di pubblicazione.

Proprio in questi giorni è pervenuta a quest' Osservatorio una copia del catalogo mondiale dei terremoti sentiti nel 1906, compilato con molta cura dal DR. ERWIN SCHEU; ed è con vero piacere che io ho constatato, sfogliando questo volume, come le idee da me espresse sono state quasi tutte pienamente applicate, e che finalmente all' Ufficio Internazionale Sismologico di Strasburgo si sono convinti della necessità d'una radicale modifica nella compilazione di detti cataloghi, poichè se si fosse persistito nel vecchio sistema, ben pochi sarebbero stati quelli che avrebbero ricorso ad una tale pubblicazione pei loro studi speciali.

Nel volume che tengo sott' occhio, all' infuori d'una ripartizione regionale — senza dubbio pure utilissima per ciò che riguarda la rapidità della ricerca in terremoti d'una data regione, sebbene non si possa negare un pò d'incertezza ed una certa arbitrarietà che s'incontra forzatamente nella ripartizione in parola — mi accorgo che i criteri fondamentali per non far assumere al medesimo una mole troppo eccessiva, limitandosi a far conoscere per ogni terremoto i soli dati più importanti, sono stati finalmente messi in pratica e se ne sono visti ora i benefici effetti. Basta infatti riflettere che, mentre il volume del 1905 occupa ben 543 pagine, presentando al lettore un esteso materiale poco o punto elaborato, viceversa poi tutta la materia del 1906 si trova condensata in un volumetto di poco più che un centinaio di pagine, nonostante che il numero dei sismi raccolti in quest' ultimo anno sia aumentato di più di 500 su quello dell' anno precedente; ed ognuno vede con quanta economia nelle spese di stampa e con quanta meno perdita di tempo nelle ricerche per gli studi speciali.

Nel catalogo regionale dei terremoti sentiti nel 1906 basta quasi sempre un solo rigo per far conoscere d'un dato sismo: la data, l'ora all' epicentro, la località più colpita, l'intensità e la

<sup>1</sup> La memoria completa su questo argomento è pubblicata nel *Bollettino della Società Sismologica ital.* Vol. XIV, fasc. 2 — 1910.

Un riassunto in francese è pubblicato nei *Comptes-Rendus des séances de la troisième réunion de la Commission permanente de l'Association internationale de sismologie réunie à Zermatt du 30 août au 2 septembre 1909* — Appendice XIV, pag. 202, 203.

regione scossa o le coordinate geografiche dell' epicentro, quando si hanno elementi sufficienti per determinarle, che sono in verità i soli dati fondamentali di ogni terremoto, precisamente come avevo fatto anch' io nel piccolo modello di catalogo aggiunto alla memoria precitata; ed è evidente poi che chi avesse vaghezza di risalire ai particolari d'un dato terremoto, questi può attingerli agevolmente dai cataloghi speciali pubblicati dai singoli Stati.

Il solo appunto che si può fare al catalogo del 1906 è di non indicare sufficientemente l'estensione della regione scossa, ciò che impedisce di formarsi a colpo d'occhio un' idea dell' importanza d'un dato terremoto, poichè è certo che l'intensità non basta da sola a darcene un criterio sicuro, potendosi verificare benissimo il caso di terremoti molto intensi che scuotono una zona molto ristretta della scorza terrestre, e viceversa di altri poco intensi che nondimeno scuotono estesissime regioni.

E' vero che per una ventina dei più notevoli terremoti l'Autore ha premesso una descrizione sommaria, con relative cartine, e dalle curve isosisme è facile vedere fin dove il movimento della terra fu sensibile all' uomo; ma tolti questi pochi casi, per gli altri terremoti l'area scossa è data sempre in maniera assai vaga e indeterminata, quando non manca del tutto.

Comprendo benissimo che non sempre si hanno a disposizione elementi sufficienti per stabilire, anche con grossolana approssimazione, l'estensione dello scuotimento, specialmente quando si tratta di terremoti avvenuti in paesi dove non esiste un servizio sismico organizzato; è certo però che per un buon numero di scosse tale elemento si può approssimativamente calcolare in chilometri quadrati, od almeno si può dare il punto più lontano a cui la scossa è stata avvertita dall' uomo.

Non vi ha certamente chi possa negare l'importanza della conoscenza dell' area scossa, dappoichè, oltre il già detto, è utilissima anche in parecchie ricerche di sismologia o di scienze che hanno con questa delle relazioni, ed è per ciò che io insisto sulla necessità di porre ogni cura, per l'avvenire, che questo elemento non venga trascurato.

Faccio voti, adunque, e mi auguro che l'odierno Congresso accolga favorevolmente la mia proposta, che nei futuri cataloghi alla 6<sup>a</sup> colonna, che s'intitola „*Région ébranlée*“, tutte le volte che sia possibile, si scriva in chilometri quadrati l'estensione dell' area scossa od almeno si indichi la massima distanza dall' epicentro a cui la scossa fu sentita dall' uomo.

R. Osservatorio Geodinamico.

Rocca di Papa, 10 luglio 1911.

## Nota sulla compilazione dei bollettini sismografici.

Dr. G. MARTINELLI,

Capo della Sezione Geodinamica al R. Ufficio Centrale  
di Meteorologia e Geodinamica in Roma.

Nell'ordine del giorno della quarta Riunione della Commissione permanente è annunciata una mozione del Sig. KLOTZ per creare una Commissione incaricata di studiare come rendere uniformi i bollettini sismografici. Non conosco il punto di vista preciso, dal quale il Sig. KLOTZ considera la questione, mi permetto nondimeno di presentare alla Riunione alcune considerazioni sulla compilazione *dei bollettini sismografici*, alle quali più volte ha dato occasione la frequente e continua consultazione dei medesimi, cui sono obbligato nella redazione del volume delle Notizie Sismiche Italiane.

Mi si permetta ricordare come la questione sia stata già più volte esaminata dall'Associazione Internazionale Sismologica e precisamente:

1° Nella conferenza di Strasburgo nel 1901, ove l'HECKER proponeva uno schema per l'invio dei rapporti sismologici al bureau centrale, schema nel quale si indicavano per ciascuna registrazione le ore dell'inizio dei primi e secondi tremiti preliminari e della fase principale, la durata totale e quindi i periodi e le ampiezze (rispetto alle due componenti), delle due prime fasi e delle tre parti della terza. (C.-R. de la première conférence à Strasbourg 1901. Annexes A. XI.)

2° Nella seconda conferenza di Strasburgo nel 1903 nella quale l'HECKER stesso stimando insufficiente lo schema proposto nel 1901, in riguardo ai perfezionamenti introdotti negli apparecchi sismici, sostenne come assolutamente necessaria ad un serio lavoro di paragone fra le varie registrazioni la riproduzione fotografica delle medesime. Nello stesso ordine di idee parlarono il WIECHERT, il LEWITZKY ed il RUDOLPH e la conferenza approvò all'unanimità la mozione dell'HECKER: „Il est à désirer que toutes les stations publient des reproductions des sismogrammes inscrits par les appareils dans le cas d'un tremblement de terre de quelque importance“. (C.-R. de la deuxième conférence à Strasbourg 1903. pag. 220, 221, 224.)

3° Nella prima riunione della Commissione permanente a Roma nel 1906 l'ordine del giorno all'art. 12 aveva „Unification de la réduction et de la publication des sismogrammes“. Sull'argomento si ebbe un discorso del direttore dell'osservatorio di Rocca di Papa, il quale espose le difficoltà pratiche, che a suo parere s'incontrano nella riproduzione dei sismogrammi, criticò l'uso di elencare i dati orari relativi alle varie fasi secondo un piano prestabilito; il metodo porta facilmente, secondo il dissenziente, ad equivoci nell'identificare le fasi, ed alla omissione di altri utili elementi, che possono ricavarsi dall'analisi di un sismogramma, specialmente per ciò che riguarda la varietà dei periodi; sostenne pertanto l'opportunità di una relazione estesa che ponga in rilievo le particolarità del sismogramma.

La conferenza non credette possibile un voto sull'argomento e deliberò di rinviare la questione ad altra riunione.

Nelle due ultime Riunioni l'argomento non fu trattato. All'Aia nel 1907 era annunciata, ma fu poi sostituita da altra, una conferenza dimostrativa del RUDOLPH „Comment faut-il analyser les sismogrammes?“

Evidentemente i cultori di sismologia non credevano di avere ragioni sufficienti per preferire l'uno o l'altro fra i metodi seguiti, nel dare relazione delle analisi sismiche, e insistevano sulla necessità delle riproduzioni grafiche dei sismogrammi.

Non pertanto nella pratica impossibilità di riprodurre tutti i sismogrammi, gli Osservatori proseguirono e proseguono a pubblicare in forma di bollettini i dati sismografici.

I principali tipi di bollettini in uso possono così pertanto riassumersi in tre classi (I, II, III) e vari tipi (*A, B, C, D, E*), che voglio rapidamente rammentare.

I° Una prima classe nella quale, prescindendo da ogni ipotesi sulla natura delle onde ed anche da ogni schema empirico di sismogramma, si danno i periodi e le ampiezze corrispondenti ai vari tempi, in altre parole si descrive senz'altro la curva ottenuta. A seconda del maggiore o minore numero di dettagli dati nella descrizione della curva, si hanno tre tipi diversi di bollettini, dei quali citeremo come prototipi:

A) Quelli pubblicati nelle circolari del Comitato Sismologico della Società Inglese per il progresso delle Scienze, che si limitano ad indicare l'ora dell'inizio, l'ora della massima ampiezza, il valore di questa in mm, e la durata totale; qualche Osservatorio aggiunge il principio delle onde lente.

B) I bollettini del VICENTINI dell'Università di Padova, nei quali oltre le ore dell'inizio e della fine, è data l'ora nella quale si riscontra il passaggio da un periodo ad un altro, indicando per ciascun periodo l'istante della massima ampiezza; sono inoltre indicati i periodi e le ampiezze delle onde eventualmente interferenti con altre, o iscritte sulle più lente.

C) Le relazioni inserite nel nostro Bollettino Italiano per gli Osservatori di Catania, Pavia, Rocca di Papa ecc. In esse non più la utile disposizione a tabella dei bollettini inglesi, nè i quadri del VICENTINI, ma una descrizione ininterrotta dei successivi gruppi di onde, indicandone il numero, il periodo, le oscillazioni dell'ampiezza, le interferenze, i rinforzi e lo stato della traccia prima e dopo la registrazione. Altra particolarità del sistema è la descrizione completa e separata delle componenti.

II° D) La seconda classe dei bollettini è rappresentata da quelli di tutti gli Osservatori, che seguendo lo schema ormai classico dell'OMORI, dividono il sismogramma in tre fasi principali, dando per ciascuna l'inizio e per alcune anche il periodo, e aggiungendo poi l'ora ed il valore della massima ampiezza; separazione netta delle due componenti orizzontali. Gli Osservatori di Laibach, Trieste, Manila ed altri molti fra i quali in Italia lo Ximeniano e quello di Moncalieri adottano il sistema.

III° E) Infine la terza classe è data dagli Osservatori che seguendo un indirizzo più recente non dividono il sismogramma secondo lo schema dell'OMORI, ma secondo uno schema teorico, fondato sulla natura (longitudinali e trasversali), sulla genesi (dirette o riflesse), e finalmente sul cammino seguito dalle onde attraverso la Terra per raggiungere la stazione. (Osservatori di Göttingen, Strasburgo, Iena ecc.).

È da dimandarsi quali dei tipi elencati risponda meglio agli scopi per cui i bollettini sono pubblicati ed all'uso che gli studiosi ne fanno.

Alle brevi considerazioni che espongo voglio premettere un'osservazione che sembrami necessaria. Si avrà occasione nel corso di questa nota di discutere ed eventualmente criticare anche i metodi seguiti nei Bollettini dei nostri Osservatori e pubblicati nel Notiziario Sismico Italiano. Chi scrive ha anzi compilato più annate del Notiziario stesso. Niuna contraddizione in ciò. L'Ufficio centrale di Meteorologia e Geodinamica Italiano, ispirandosi ad un largo senso di eclettismo scientifico, lascia ai singoli Osservatori ogni libertà nella elaborazione dei dati sismografici e ne pubblica integralmente le relazioni sotto la completa responsabilità degli Osservatori stessi.

Ammissa da tutti la superiorità che la riproduzione grafica dei sismogrammi presenta su qualsiasi più opportuna ed accurata analisi, soprattutto dal punto di vista della completa libertà di interpretazione che offre allo studioso, è d'altra parte necessario riconoscere, e lo è già stato più volte dalla Associazione Internazionale, come il sistema manchi di praticità. Per quanto non abbia avuto occasione di occuparmi direttamente della questione, pure credo che le difficoltà non debbano

sorgere dal punto di vista tecnico. I metodi attuali di riproduzione hanno raggiunto tale perfezione, che certamente è possibile ottenere copie fedeli dei sismogrammi qualunque sia il metodo di registrazione usato. Ciò che non è possibile, e non è il caso di dimostrarlo, è la riproduzione dei numerosissimi sismogrammi, che di continuo si hanno negli osservatori; anche a volerci limitare a quelli ottenuti nei principali Osservatori e con i più perfezionati degli apparecchi, il loro numero assurge a tale grandezza che non è praticamente possibile avere di tutti la riproduzione. Inoltre se innanzi all' originale o alla copia fedele lo studioso ha il vantaggio della libertà di interpretazione e della determinazione personale dei dati, ha anche il peso dei calcoli, che renderebbero gravosa ogni più modesta indagine.

Allo stato quindi attuale della cosa, l'unico mezzo pratico di divulgazione delle registrazioni sismografiche, sono in generale i Bollettini, i quali devono quindi dare per quanto è possibile allo studioso, tutti i dati che egli vorrebbe ricavare dai sismogrammi.

Dico per quanto è possibile, perchè di certi dettagli della registrazione, dei quali pure non conoscendosi oggi alcuna interpretazione, potrebbero essere dimani fonte di osservazioni importantissime, è vano tentare di dare notizie nei Bollettini, e l'osservatore che li abbia rilevati sul suo sismogramma e voglia farne oggetto di studio, dovrà egli raccogliere originali e copie, confrontarle fra loro ed eventualmente dare notizia di quanto ha osservato al mondo scientifico con note e comunicazioni.

Ciò premesso esaminiamo quale dei metodi seguiti oggi nella pubblicazione dei Bollettini, e che abbiamo sopra raggruppato in cinque tipi fondamentali (*A, B, C, D, E*), soddisfino meno imperfettamente allo scopo di fornire allo studioso tutti i dati, che può egli ricercare in un sismogramma.

Ognuno di quei tipi ha pregi e deficienze, dalla discussione degli uni e delle altre potrà sorgere spontanea l'idea di un tipo, non forse essenzialmente differente da alcuno di quelli in uso, ma che epurato da qualche suo difetto, si giovi invece dei pregi che altri possono avere.

Il tipo *A* delle circolari inglesi nella sua concisione offre allo studioso il modo di rendersi conto immediato della importanza, e dirò meglio, intensità di una registrazione. Ottimo per chi voglia elencare le più importanti registrazioni ottenute in occasione di un terremoto, per chi ad esempio voglia compilare un catalogo o studiare la distribuzione oraria o annuale delle registrazioni sismiche, non offre ai sismologi che un numero troppo limitato di dati, insufficienti allo studio delle numerose questioni che occupano il campo della sismologia moderna.

Il tipo *C* di alcuni Osservatori Italiani (Catania, Pavia, Rocca di Papa etc.), oserei dire che presenta rispetto al primo il difetto opposto. Il sistema si propone di dare mediante una descrizione precisa ed un grande numero di dati un' idea adeguata della curva sismografica, quasi tale da permetterne al lettore un' approssimata e buona ricostruzione; lo scopo bellissimo fallisce però completamente nell' attuazione. Curve così irregolari e varie come le sismografiche non si prestano ad essere descritte con precisione a parole, e la relazione corre rischio di divenire prolissa senza essere efficace.

Chi scrive, assistente negli anni 1906—1907 all' Osservatorio di Rocca di Papa, dovendo per dovere del suo ufficio eseguire, secondo un siffatto metodo, l'analisi di numerosissimi sismogrammi, ha tentato di ricostruirne approssimativamente, sulla traccia della sua stessa descrizione, alcuni, ha invitato altri ad eseguire la stessa esperienza, ottenendo sempre risultati di niun valore; le descrizioni scelte erano fra le più dettagliate.

Inoltre la soppressione di ogni tabella o quadro obbliga lo studioso alla lettura della completa relazione, prima di farsi un' idea adeguata del carattere della registrazione, e gli rende difficile la ricerca del dato che può interessargli. Infine tali descrizioni, poco utili per noi, sono del tutto inutilizzabili fra gli stranieri ai quali, se pure conoscono la nostra lingua, non è possibile rendersi conto delle particolarità della medesima, cui si è obbligati a ricorrere nella descrizione della curva sismografica.

Il tipo *D* mentre presenta i vantaggi della concisione e dell' evidenza riscontrati nel tipo *A*, gli è superiore per un maggior numero di dati, costretto però nelle limitazioni dello schema dell' *Omori*, ci offre sempre un numero troppo ristretto di dati. Mi si permetta a tale proposito di osservare che di uno schema, ideato mi sembra a scopo metodico e didattico, si è voluto fare qualche



cosa di troppo corrispondente a realtà. E da aggiungere che ammessa anche l'esistenza reale delle fasi dell' OMORI, non è sempre facile determinarne i limiti, e l'apprezzamento eventualmente errato di chi analizza il sismogramma può indurre in errore chi debba usarne.

Restano a discutersi i tipi *B* ed *E*.

Nel tipo *B* (Padova) è mantenuto un poco il concetto descrittivo che abbiamo riscontrato nel tipo *C*; la descrizione è però fatta con assai maggiore sobrietà, si scorge nel compilatore lo sforzo ad essere conciso, a limitare i dettagli al solo necessario, e la disposizione a quadro permette di renderci conto a prima vista del carattere della registrazione, e rende facile la ricerca del dato che abbisogna. Una deficienza, non però intrinseca al metodo, è costituita dalle troppo limitate indicazioni di ampiezza. Ha infine a comune col tipo *C*, per quanto in assai minor grado, il difetto di richiedere per la lettura una buona conoscenza della lingua in cui è pubblicato.

Nel tipo *E* infine, lo dico protestando ogni rispetto ai più illustri cultori della sismologia teorica che ne fanno uso, mi sembra che analogamente a ciò che avviene per il tipo *D* si costringa la descrizione del sismogramma entro uno schema, che può talvolta risentire troppo della rigidità delle teorie sulle quali è fondato. Lo schema in questione può ampio di quello adoperato nelle analisi del tipo *D*, lascia certamente a chi analizza una maggiore libertà di dettaglio, sempre però troppo limitata rispetto alla grande varietà dei sismogrammi. I dati teorici sui quali è fondato, non sono, mi sembra, del tutto assoluti e potranno essere, e lo saranno anzi di sicuro, ancora soggetti a discussione. La classificazione adottata per le varie parti del sismogramma è fondata su gruppi di onde la cui natura è rigorosamente definita, ma è dubbio se a tale precisione teorica corrisponda sulla curva una analoga determinazione. La mancanza di tale corrispondenza, unita al preconetto teorico di chi analizza, può introdurre un empirismo che, come sopra dicevo, limita la libertà dell' analisi. Non sarebbe preferibile, aumentando se si vuole il numero dei punti analizzati, lasciare allo studioso la libertà di porre in relazione i dati del sismogramma con le teorie della propagazione? D'altra parte il tipo in discussione ha a comune con quello *B* la evidenza dell' esposizione e la facilità della consultazione unita ad una, se non completa, larga ricchezza di dati; ha inoltre le assai utili indicazioni dell' *emersio* e dell' *impetus*, che permettono di renderci conto immediato del peso da darsi all' ora iniziale delle fase.

Dalla rapida discussione esposta dei sistemi attualmente in uso, mi sembra si possa tentare di determinarne uno da essi risultante, che senza pretendere di essere nè perfetto nè definitivo, possa però essere sperimentato e proposto alla critica dei cultori di sismologia.

Il tipo dovrebbe, penso, essere qualche cosa di analogo ai due *B* ed *E*, e per precisare le idee di Padova e Göttingen.

Il concetto fondamentale, che dovrebbe informare il tipo proposto, è quello d'indicare i dati (ora, periodo, ampiezza) di un numero di punti della curva tale da permettere a chi legge di determinarne non i dettagli, ciò che è impossibile, ma l'andamento, e ritrovare in essa quanto è necessario per paragonarla colle altre ottenute con diversi apparecchi ed in varie stazioni, ed anche verificare e ricercare quanto le attuali teorie della propagazione delle onde insegnano.

Escluso che ciò possa ottenersi con una descrizione a parole (della quale credo avere posti in luce i difetti) rimane di indicare i dati di cui sopra in numero sufficientemente grande in forma di elenco o tabella, senza però preoccupazioni di sorta circa la natura fisica delle oscillazioni che appaiono in dato punto della curva o della loro genesi.

Soprattutto sarà utile mostrare con evidenza le variazioni del periodo e le modalità del passaggio da uno all' altro, e a ciò si può giungere indicando e l'ampiezza per un numero sufficientemente grande di punti, e quei certi modi di apparire di una classe di onde, già assai opportunamente indicati colle parole *emersio* ed *impetus*. Non può nè deve trascurarsi il fenomeno comunissimo di periodi interferenti e sovrapposti ad altri, e sarà in tal caso necessario precisare con cura il valore dei diversi periodi.

Mi pare infine superfluo indicare il carattere delle registrazioni, poichè esso deve sempre potersi dedurre dai dati esposti.

Tutto ciò può, credo senza troppe difficoltà, attuarsi disponendo i dati in una tabella a colonne così disposte:

*Colonna 1.* Data della registrazione.

*Colonna 2.* Apparecchio e componente (orizzontale e verticale). Sembra evidente essere necessario dare due separate analisi per la componente verticale e per le orizzontali. Troppo differenti sono i caratteri di un sismogramma dovuto ad un apparecchio a componente verticale o ad uno a componenti orizzontali. Le due orizzontali si prestano invece ad una analisi cumulativa.

*Colonna 3.* Ora, che si conviene debba sempre riferirsi all' inizio del periodo corrispondente indicato nella colonna 5, a meno che le indicazioni della colonna 8 non avvertano altrimenti.

*Colonna 4.* Numero delle onde aventi il periodo della colonna 5.

*Colonna 5.* Periodo.

*Colonna 6 e 7.* Ampiezza rispetto alle due componenti orizzontali e che si conviene rappresenti la massima del gruppo quando questa differisca solo poco dalla media (per indicare massimi con sensibile allontanamento dal valore medio, si indicheranno in linee successive le ampiezze corrispondenti alle varie ore). Le due colonne saranno anche utili per indicare se i dati delle colonne precedenti e seguenti si riferiscano eccezionalmente solo all' una o all' altra componente.

*Colonna 8.* È destinata a contenere *lettere* o meglio *segni convenzionali* analoghi ad esempio a quelli adoperati per gli elementi meteorologici od astronomici, e che sostituiscono la parte, dirò così, descrittiva della registrazione. L'importanza di questa colonna è fondamentale nel metodo che si propone.

L'esposizione di alcuni fra i segni convenzionali (che ho adoperato nell' applicare all' analisi dei sismogrammi il metodo che descrivo) e il loro significato, gioveranno più che ogni argomento a mostrarne la opportunità e la praticità.

× Perturbazione microsismica di periodo indecifrabile.

+ Impetus.

○ Emersio.

△ ▽ Variazioni (aumento o decremento) brusche dell' ampiezza.

↑ Il periodo corrispondente si sovrappone o interferisce col precedente.

↑<sup>n</sup> Il periodo corrispondente si sovrappone o interferisce con gli *n* precedenti.

} I periodi o le ampiezze contenute nel segno si alternano irregolarmente fra le ore corrispondenti.

*Colonna 9.* Osservazioni sul funzionamento dell' apparecchio, distanza epicentrale ecc., ed eventualmente speciali osservazioni su qualche punto del sismogramma stesso e che non sia stato possibile rappresentare con uno dei segni convenzionali adottati.

Se si stimasse necessario, ciò che a me però non sembra, potrebbe aggiungersi una decima colonna con la indicazione dell' origine e della natura dei gruppi secondo i criteri delle teorie della propagazione.

Nulla di essenzialmente nuovo nel sistema proposto. Si vuole con esso solamente riunire in un solo i vantaggi degli altri già in uso; soprattutto la evidenza dei dati, la facilità della consultazione, la descrizione *in forma intuitiva* delle modalità della curva sismografica.

Roma, R. Ufficio Centrale di Meteorologia e Geodinamica — Sezione Geodinamica. Luglio, 1911.

## Appendice IX.

S'inspirant des résolutions prises dans la Commission du Catalogue (Annexe IX) et adoptées par la séance plénière, M. FOREL a bien voulu rédiger les formules qui suivent.

### **Circulaire à adresser par le Comité de l'Association internationale de sismologie aux États non encore associés.**

Par la convention des 1<sup>er</sup> avril 1904 et 15 août 1905, vingt-trois États souverains ont fondé l'*Association internationale de sismologie* pour l'étude des tremblements de terre qui ébranlent notre globe. Cette étude a un double but : les recherches scientifiques relatives au phénomène et l'établissement de faits et de lois permettant de lutter contre le fléau dévastateur, peut-être même d'en prévoir les apparitions. L'Association dispose d'un organe d'exécution, sa *Commission permanente* (secrétaire générale le PROF. DE KÖVESLIGETHY à Budapest) et d'un bureau technique, le *Bureau central*, actuellement à Strasbourg (Herderstrasse 9).

Une des oeuvres importantes de ce Bureau central est la publication du catalogue des tremblements de terre observés par l'homme ou enregistrés par des appareils mécaniques ; catalogue qui doit être aussi complet que possible et rassembler les observations faites dans le monde entier, pour que nous disposions des éléments indispensables aux études sismologiques.

L'État de . . . . ne nous fournit, malheureusement, que des documents insuffisants à ce sujet. Il serait donc nécessaire pour l'oeuvre scientifique et humanitaire de notre Association que cette lacune fût comblée et, en conséquence, que l'État de . . . . consentît à nous faire parvenir son adhésion à l'Association internationale de sismologie, ce que le Comité de la Commission permanente a l'honneur de vous proposer.

Et, afin de bien préciser dès à présent, la modicité des engagements pris par les États contractants, nous joignons à cette note des exemplaires de la convention générale et de notre règlement d'ordre intérieur.

Si, pour des raisons que nous n'avons pas à examiner, l'État de . . . . jugeait à propos de maintenir son abstention, nous lui demanderions de bien vouloir satisfaire aux besoins de nos recherches en chargeant d'une manière officielle, une Académie, un Institut, une Société savante, une Commission sismologique ou un homme de science de répondre aux nécessités du catalogue. Ce représentant national correspondrait avec le Bureau technique de Strasbourg et lui fournirait en temps utile les matériaux nécessaires à l'établissement du Catalogue mondial.

Nous prions instamment l'État de . . . . de prendre en considération notre requête, et de nous mettre en rapports avec l'organe officiel auquel il confiera cette attribution.

(Signé par le Comité de la Commission permanente.)

## **Circulaire à adresser aux membres de la Commission permanente.**

Monsieur et très honoré Collègue,

Pour l'établissement du catalogue mondial dont la publication lui est confiée, notre Bureau central de Strasbourg doit pouvoir disposer, dans chaque pays, d'un organe qui lui fournisse les matériaux nécessaires; ceux-ci devant être préparés par des hommes compétents, au courant des conditions géographiques et administratives de la région.

Nous vous prions donc de bien vouloir nous désigner l'Institut: Académie, Société savante, Institut technique, commission sismologique, ou homme de science qui, dans votre pays, est chargé officiellement des études sismologiques et en porte la responsabilité.

C'est avec lui que le Bureau central de Strasbourg entrera en relations directes et c'est à lui qu'il réclamera, en temps utile, les rapports détaillés des faits sismiques constatés dans la région que vous représentez.

Agréez, Monsieur et honoré Collègue, l'expression de nos sentiments distingués.

(Signé par le Comité de la Commission permanente.)

## **Circulaire à adresser aux correspondants régionaux.**

Monsieur,

Notre Bureau central commencera le . . . la rédaction du Catalogue mondial de l'année 19 . . . Nous vous prions donc de vouloir bien nous faire parvenir, avant cette époque, la liste détaillée de tous les faits sismiques constatés en 19 . . . dans la région dont l'étude vous a été confiée.

Nous comptons que vous nous mettrez en mesure d'accomplir notre tâche à la satisfaction des intérêts du pays dont vous êtes le représentant vis-à-vis de l'Association internationale de sismologie, et nous vous prions d'agréer, avec nos remerciements anticipés, l'assurance de notre considération distinguée.

(Signé par le Directeur du Bureau central.)

## Arrangement between the International Catalogue of Scientific Literature and the International Seismological Association, November 1911.

1. The Section „Internal Dynamics“ of Volume *H* (Geology) of the International Catalogue of Scientific Literature shall be enlarged by additional entries prepared under the auspices of the International Seismological Association.

2. The Section shall begin with a list of the titles of all the papers indexed, the titles being arranged in the alphabetical order of the authors' names and drawn up in the same manner as the entries in the present Author Catalogues of the International Catalogue.

3. The subject matter shall be dealt with under Registration numbers which shall be the existing numbers 05 to 09 with additional numbers for the purpose either of subdividing the existing divisions or introducing new subjects.

4. The entire section „Internal Dynamics“ so enlarged shall not only form part of Volume *H* but shall also be published separately for the International Seismological Association. These separate parts shall have a special title page and also a List of Journals with abbreviations used.

5. The Seismological Association shall pay the cost of composition, corrections, paper and printing for

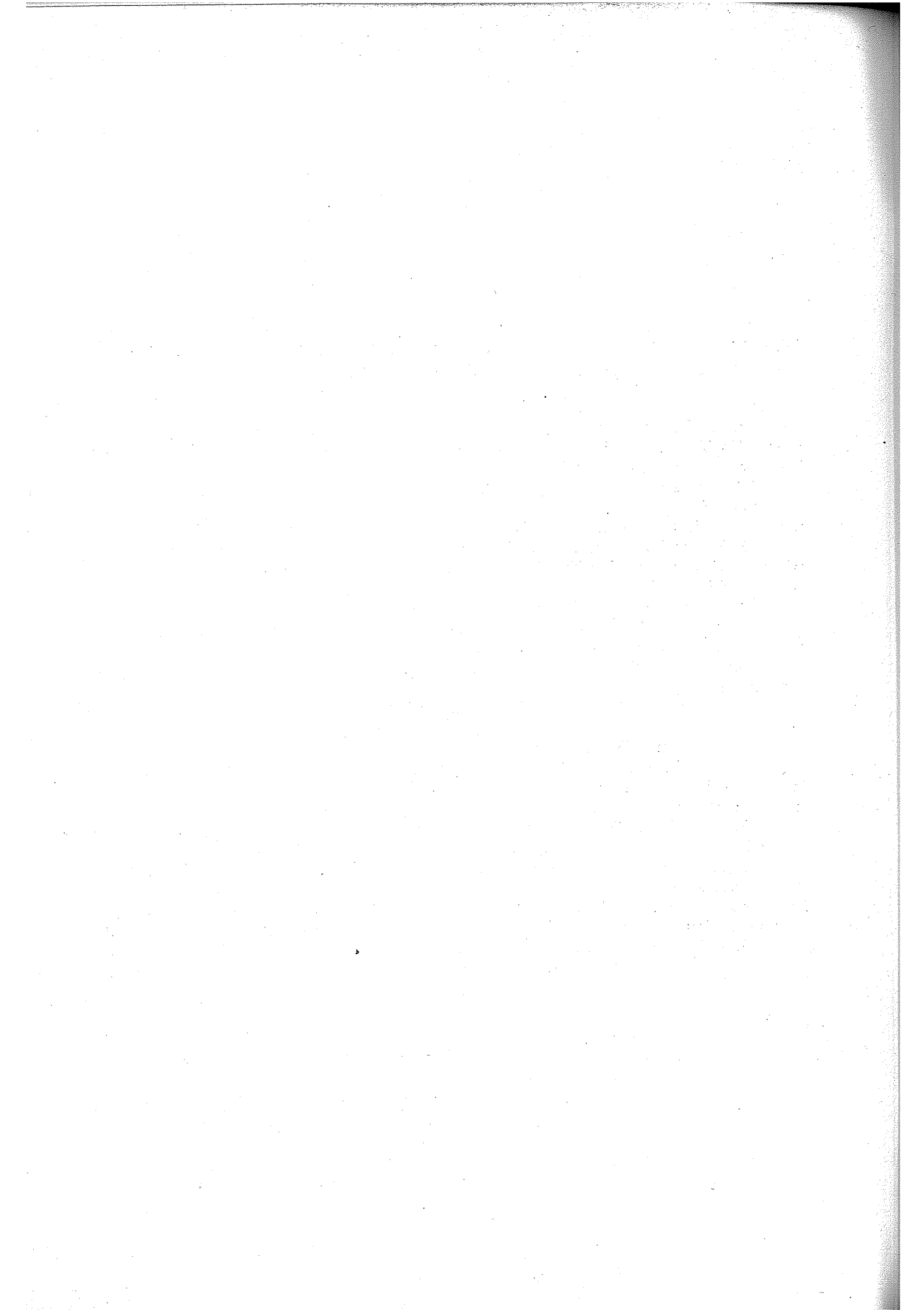
- a) The Title Catalogue of „Internal Dynamics“.
- b) The Subject Catalogue *excepting the first twenty pages.*
- c) The Title Page and covers of separate parts.

6. The List of Journals printed at the end of the Volume of Geology shall be the List of Journals mentioned at the end of Paragraph 4. The Seismological Association will pay the cost of printing off the extra copies required.

7. The Seismological Association will pay the cost of carriage, insurance, and publisher's commission on the separate parts supplied to them.

8. In the event of the Director of the Catalogue (DR. MORLEY) and the Committee of the Seismological Association, or a representative nominated by that Committee agreeing that the International Catalogue has incurred, in carrying out this Agreement, additional expense not provided for in Paragraphs 5, 6 and 7, the Seismological Association shall pay such additional charges

9. This Agreement shall remain in force till 1914.



# TABLE DES MATIÈRES.

## Procès-verbaux des Séances.

### Conférence de la Commission permanente.

#### Séance d'ouverture.

	Pages
Liste des assistants, délégués et invités . . . . .	5
Allocution de M. le Vice-chancelier de l'Université de Manchester . . . . .	7
Discours d'ouverture de M. le Président Schuster . . . . .	7
Constitution du Bureau de la Conférence . . . . .	10
Ordre du jour définitif de la Conférence . . . . .	—
Les rapports du Bureau central relatifs à la gestion des affaires sont transmis aux commissions spéciales compétentes . . . . .	—
Lettres d'excuse présentées . . . . .	—
Représentation de la République du Chili par M. Forel . . . . .	—
Ordre du jour de la première séance et lieu des séances . . . . .	—
Rapport du Secrétaire général . . . . .	—
Nomination de la Commission financière . . . . .	—
Nomination de la Commission du règlement . . . . .	11
Composition de la Commission du catalogue . . . . .	—
Composition de la Commission des microsismes . . . . .	—
Rapport préliminaire de M. Hecker sur la rigidité de la Terre . . . . .	—
Observations sur la rigidité de la Terre et sur les stations à créer . . . . .	—
Composition de la Commission des marées terrestres et de la rigidité de la Terre . . . . .	12
Motion de M. Klotz relative à l'uniformisation des bulletins simologiques . . . . .	—
Composition de la Commission du bulletin . . . . .	—
Voeu émis par M. Rizzo pour la prompt reconstruction de l'Observatoire de Messine . . . . .	—
Ordre du jour de la deuxième séance . . . . .	—
Communication de M. le Président relative aux agréments . . . . .	—

#### Deuxième séance.

Télégramme du Gouvernement anglais . . . . .	13
Réponse télégraphique au Gouvernement anglais . . . . .	—
Rapport de la Commission du catalogue . . . . .	—
Rapport sur la bibliographie sismologique . . . . .	14
Résolution concernant la publication de la bibliographie sismologique . . . . .	—
Texte de l'article 2 modifié du Règlement . . . . .	—
Rapport de la Commission des marées terrestres . . . . .	—
Observations sur divers sujets intéressant cet article . . . . .	15
La motion de M. Omori (indication du mouvement dans les sismogrammes) est transmise à la Commission du bulletin . . . . .	—
Rapport sur le congrès mondial des associations internationales . . . . .	—
Propositions de M. Reid concernant la prompt publication des enregistrements sismologiques et le perfectionnement de l'hodographe . . . . .	16

	Pages
Conférence du Prince Galitzine sur la détermination de l'épicentre moyennant les données d'une seule station . . . . .	16
Observations sur le même sujet . . . . .	—
Don, à la Bibliothèque du Bureau central, du R. P. Navarro-Neumann . . . . .	—
Ordre du jour de la troisième séance . . . . .	—

**Troisième séance.**

Conférence du Prince Galitzine sur un sismographe à composante verticale . . . . .	17
Observations sur le même sujet . . . . .	—
Conférence de M. Wiechert sur ses travaux exécutés en collaboration avec l'observatoire de Samoa . . . . .	—
Ordre du jour de la quatrième séance et de l'Assemblée générale . . . . .	—

**Quatrième séance et Assemblée générale de l'Association internationale de sismologie.**

Lettre d'excuse de M. Gerland . . . . .	18
Proposition de M. Lecointe relative à l'époque de la prochaine réunion . . . . .	—
Époque des Assemblée générale et conférence prochaines . . . . .	—
Invitations pour la prochaine réunion . . . . .	—
Lieu de la prochaine réunion . . . . .	19
Désignation de la Station centrale, siège du Bureau central . . . . .	—
Réserve de principe concernant ce sujet . . . . .	—
Déposition des rapports nationaux de MM. les Délégués . . . . .	—
Rapport du R. P. Berloty sur le sismographe de Beyrouth . . . . .	—
Motion de M. Angot relative à la prorogation du prêt de cet instrument . . . . .	20
Conférence de M. de Kövesligethy sur la possibilité de la prévision des tremblements de terre . . . . .	—
Conférence de M. Reid sur le mouvement accompagnant l'élevation des montagnes . . . . .	—
Discussion sur ces sujets . . . . .	—

**Suite des séances de la Commission permanente.**

Conférence de M. Oddone sur la détermination dynamique du module de l'élasticité des roches . . . . .	—
Observations sur ce sujet . . . . .	—
Rapport de M. Palazzo sur la triangulation sismologique italienne . . . . .	21
M. Mihailovitch dépose son mémoire sur la détermination de l'activité des périodes sismiques . . . . .	—
Conférence de M. Denison sur diverses applications du pendule horizontal . . . . .	—
Conférences de M. Omori sur ses études volcano-sismologiques . . . . .	—
Ordre du jour de la cinquième séance . . . . .	—

**Cinquième séance.**

Conférence de M. Klotz sur les instruments aidant à interpréter les sismogrammes . . . . .	22
Quelques observations sur cette question . . . . .	—
Conférence de M. Orloff sur la déformation du globe sous l'influence de l'attraction lunaire . . . . .	—
Observations supplémentaires . . . . .	—
Conférence du prince Galitzine sur une échelle dynamique pour apprécier l'intensité des tremblements de terre . . . . .	23
Conférence de M. Lo Surdo sur la transmission du mouvement vertical aux navires . . . . .	—
Conférence de M. Reid sur l'hodographe et la propagation des ondes sismiques . . . . .	—
Motion de M. Reid concernant le perfectionnement de l'hodographe . . . . .	—
Discussion de la question . . . . .	—
Texte de la résolution adoptée . . . . .	25
Conférence de M. Zeissig sur une méthode graphique pour la détermination de l'épicentre . . . . .	—
Ordre du jour de la sixième séance . . . . .	—

**Sixième séance.**

Élection du président et du vice-président de la Commission permanente . . . . .	26
Rapport de la Commission des finances . . . . .	—
Vote du projet de budget . . . . .	27
Note présentée par M. Palazzo sur l'adhésion de la République d'Argentine . . . . .	—
Rapport de la Commission du bulletin . . . . .	—
Rapport de la Commission des microsismes . . . . .	—
Description du compteur d'ondes . . . . .	—



	Pages
Discussion sur les microsismes . . . . .	28
Conférence de M. Reid sur la comparaison de l'énergie de divers tremblements de terre . . . . .	29
Rapport de M. Lagrange sur l'organisation de stations sismologiques au Congo belge . . . . .	—
Présentation, par M. Palazzo, de trois mémoires sur les enregistrements sismologiques obtenus à l'Observatoire de Rocca di Papa pendant les douze dernières années (MM. Agamennone et Cavasino), sur le catalogue mondial des macrosismes (M. Cavasino) et sur la compilation des bulletins sismologiques (M. Martinelli) . . . . .	—
Conférence du R. P. Navarro-Neumann sur quelques causes d'erreur dans la détermination de l'heure dans les sismogrammes . . . . .	—
Note du même sur la publication des observations sismologiques en Espagne et sur la récolte des renseignements macrosismiques . . . . .	—
Conférences de M. Haussmann sur la détermination de la vitesse de propagation d'un tremblement de terre dans les couches superficielles du globe et sur une légère modification dans l'enregistrement mécanique . . . . .	30
Rapport du Prince Galitzine sur l'organisation nouvelle du service sismologique en Russie . . . . .	—
Voeu émis dans l'intérêt des recherches de M. Denison . . . . .	—
Clôture de la quatrième réunion de la Commission permanente et de la deuxième Assemblée générale . . . . .	—
Liste des publications présentées à la réunion . . . . .	31
Liste des invités empêchés d'assister à la Conférence . . . . .	32

### Annexes — Beilagen.

Annexe I. Ordre du jour de la quatrième séance (ordinaire) de la Commission permanente de l'Association internationale de sismologie du 18 au 22 juillet 1911 à Manchester . . . . .	35
Ordre du jour de la deuxième Assemblée générale de l'Association internationale de sismologie du 18 au 22 juillet 1911 à Manchester . . . . .	37
Annexe II. 1. Übersicht über die Verwaltung des Fonds der internationalen seismologischen Assoziation im Jahre 1909 . . . . .	38
Übersicht über die Verwaltung des Fonds der internationalen seismologischen Assoziation im Jahre 1910 . . . . .	40
Annexe II. 2. Übersicht über die Beiträge, welche von den der internationalen seismologischen Assoziation angehörigen Staaten für die Jahre 1909 (Restbeträge aus der Aufstellung vom Juli 1909), sowie 1910 und 1911 entrichtet worden sind . . . . .	42
Annexe II. 3. Rapport financier pour la période du 1 <sup>er</sup> avril 1909 jusqu'au 31 mars 1910. (M. J. P. van der Stok) . . . . .	43
Annexe II. 4. Rapport financier pour la période du 1 <sup>er</sup> avril 1910 jusqu'au 31 mars 1911 (M. J. P. van der Stok) . . . . .	46
Annexe III. Projet de budget de l'Association internationale de sismologie pour les années budgétaires 1911—1912 et 1912—1913 . . . . .	48
Exposé des raisons de changement dans le projet de budget . . . . .	—
Annexe IV. Rapport du Secrétaire général . . . . .	50
Annexe V. Rapport sur les travaux du Bureau central de l'Association internationale de sismologie 1909—1911 . . . . .	53
Annexe VI. Programme du Bureau central pour les travaux à exécuter pendant les années suivantes . . . . .	58
Annexe VII. Rapport de la Commission financière . . . . .	59
Annexe VIII. 1. Proposal to establish four new Stations for the observations of the tides of the solid earth (M. O. Hecker) . . . . .	60
Annexe VIII. 2. Bericht der Kommission für die körperlichen Gezeiten und Starrheit de Erde . . . . .	62
Annexe IX. Rapport de la Commission du Catalogue . . . . .	63
Annexe X. Über die mikroseismischen Bewegungen (M. O. Hecker) . . . . .	66
Annexe XI. An Apparatus to determine the period of the Ocean Waves (MM. A. Schuster et H. Morris-Airey) . . . . .	69
Annexe XII. Rapport du Comité sur la Bibliographie sismologique . . . . .	71
Annexe XIII. Rapport sur le Congrès mondial des Associations internationales (M. P. Otlet) . . . . .	73
Annexe XIV. 1. Uniform bulletins for Earthquake records (M. O. Klotz) . . . . .	77
Annexe XIV. 2. Motion of the Committee on „Uniformity of Bulletins“ . . . . .	80
Annexe XIV. 3. Schema der einheitlichen Erdbebenberichte . . . . .	81
Annexe XV. Proposition de modification des articles premier, 2 et 7 du Règlement de la Commission permanente de l'Association internationale de sismologie . . . . .	83
Annexe XVI. États, membres de l'Association, composition de la Commission permanente et de son Comité . . . . .	85
Annexe XVI. 1. E. Wiechert, Organisation der Erdbebenbeobachtungen im Deutschen Reiche . . . . .	86
Annexe XVI. 2. W. Trabert, Bericht über den Erdbebendienst in Österreich . . . . .	87
Annexe XVI. 3. a) G. Lecointe, Rapport sur le service sismologique belge en 1909—10—11 . . . . .	88
Annexe XVI. 3. b) E. Lagrange, Organisation d'un réseau sismologique au Congo belge . . . . .	89
Annexe XVI. 4. Spas Watzof, Rapport sur l'activité du service sismologique en Bulgarie . . . . .	91
Annexe XVI. 5. O. Klotz, Seismological service in Canada . . . . .	92

	Pages
Annexe XVI. 6. E. Mier, Rapport du délégué de l'Espagne . . . . .	93
Annexe XVI. 7. H. F. Reid, Seismological observations in the United States . . . . .	94
Annexe XVI. 8. a) A. Angot, État actuel du service sismologique en France . . . . .	95
Annexe XVI. 8. b) B. Berloty, S. J., Rapport sur l'instrument de l'Association internationale de sismologie établi à l'observatoire de Ksara (Liban) Syrie . . . . .	96
Annexe XVI. 9. A. Schuster, Report on the Seismological Activity in Great Britain . . . . .	98
Annexe XVI. 10. D. Eginitis, Rapport sur le service sismologique en Grèce pendant les années 1909—1911 . . . . .	99
Annexe XVI. 11. R. de Kövesligethy, Rapport sur le service sismologique en Hongrie . . . . .	100
Annexe XVI. 12. a) L. Palazzo, Rapport sur la situation de l'organisation du service sismologique en Italie . . . . .	101
Annexe XVI. 12. b) L. Palazzo, Sur la triangulation séismique proposée en Italie . . . . .	106
Annexe XVI. 12. c) G. Agamennone e A. Cavasino, Le registrazioni sismiche nel R. Osservatorio Geodinamico di Rocca di Papa nell' ultimo dodicennio . . . . .	107
Annexe XVI. 13. J. G. Aguiléra, Rapport sur le service sismologique du Mexique . . . . .	116
Annexe XVI. 14. K. F. Kolderup, Organisation der Erdbebenbeobachtungen in Norwegen . . . . .	117
Annexe XVI. 15. J. P. van der Stok, Rapport sur le service sismologique aux Pays-Bas . . . . .	118
Annexe XVI. 16. F. A. Chaves, Situation du service sismologique portugais en 1911 . . . . .	120
Annexe XVI. 17. St. Hepites, Rapport sur le Service sismologique de Roumanie . . . . .	121
Annexe XVI. 18. Fürst B. Galitzin, Die neue Organisation des seismischen Dienstes in Russland . . . . .	122
Annexe XVI. 19. S. Radovanovitch et J. Mihailovitch, Rapport sur le service sismologique en Serbie pour les années 1909—1911 . . . . .	133
Annexe XVI. 20. F. A. Forel, Rapport sur le Service sismologique en Suisse pendant l'année 1910 . . . . .	137
Annexe XVII. L. Palazzo, Note concernant l'adhésion probable de la République Argentine à l'Association internationale de sismologie . . . . .	138

### Conférences — Vorträge.

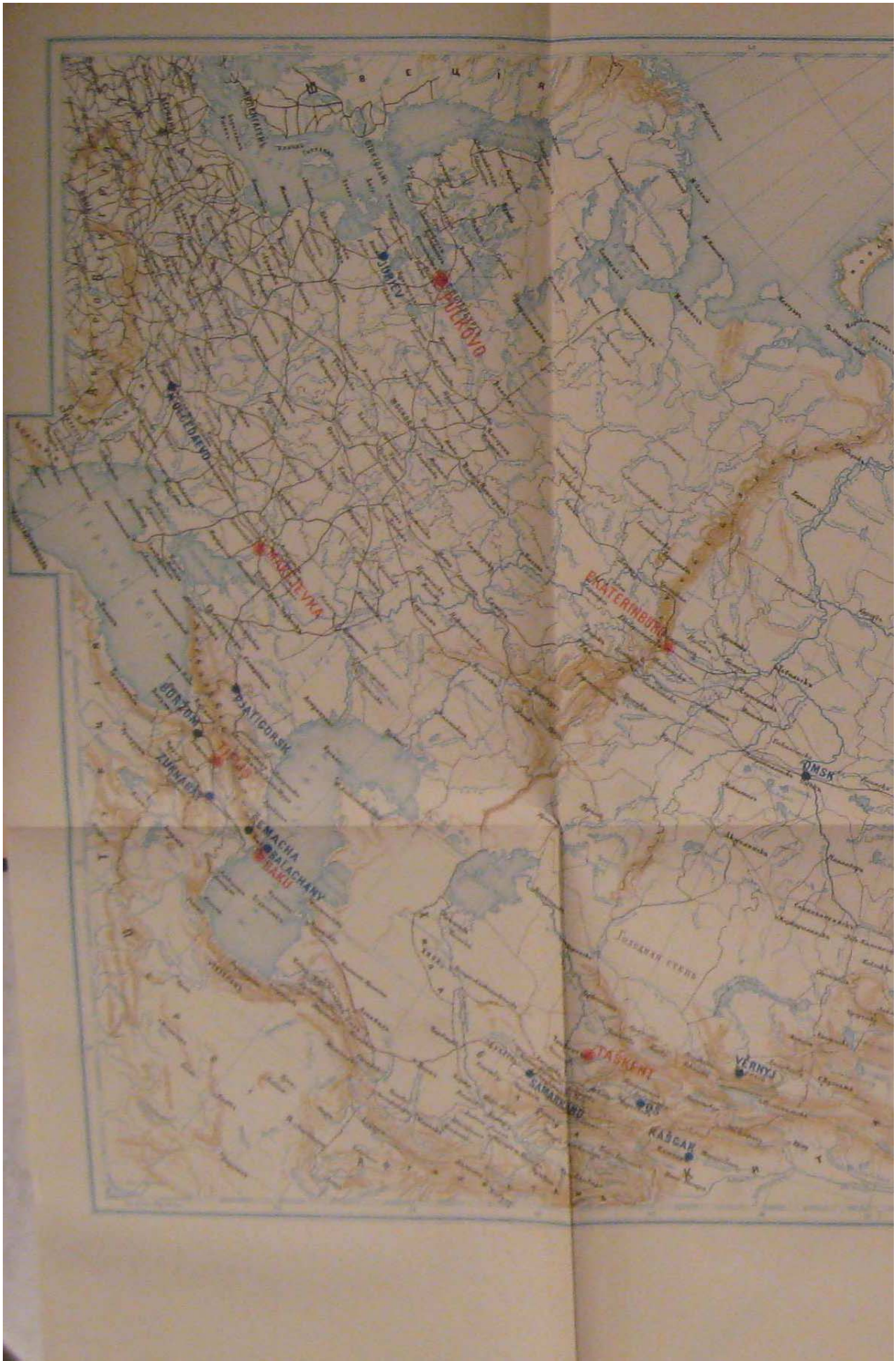
Conférence I. F. Napier Denison, Horizontal Pendulum Movements in Relation to certain Phenomena . . . . .	141
Conférence II. Fürst B. Galitzin, Bestimmung der Lage des Epizentrums eines Bebens aus den Angaben einer einzelnen seismischen Station . . . . .	147
Conférence III. Fürst B. Galitzin, Beobachtungen über die Vertikalkomponente der Bodenbewegung . . . . .	159
Conférence IV. Fürst B. Galitzin, Über eine dynamische Skala zur Schätzung von makroseismischen Bewegungen . . . . .	178
Conférences V. et VI. K. Haussmann, Beitrag zur Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen in den obersten Erdschichten. — Berussung mit Benzol . . . . .	197
Conférence VII. O. Klotz: Auxiliary Instruments for the interpretation of Seismograms . . . . .	204
Conférence VIII. R. de Kövesligethy, Sur la possibilité de la prévision des tremblements de terre . . . . .	208
Conférence IX. A. Lo Surdo, On the transmission of the earth's vertical motion to floating bodies . . . . .	210
Conférence X. J. Mihailovitch, Bestimmung der Aktivität der seismischen Perioden . . . . .	212
Conférence XI. S. Navarro-Neumann S. J., Quelques causes d'erreur dans la détermination de l'heure dans les sismogrammes . . . . .	233
Conférence XII. E. Oddone, Déterminations dynamiques des modules d'élasticité de Young des roches . . . . .	237
Conférence XIII. F. Omori, On the Earthquake and Elevation Phenomena, which accompanied the Usu-san eruption of 1910 . . . . .	248
Conférence XIV. F. Omori, Tremor Observations on the Usu-san and the Asama-yama Volcanoes . . . . .	254
Conférence XV. A. Orloff, Sur les observations de la déformation du globe terrestre . . . . .	262
Conférence XVI. H. F. Reid, The Transmission Curve . . . . .	265
Conférence XVII. H. F. Reid, The energy of earthquakes . . . . .	268
Conférence XVIII. H. F. Reid, Earth Movements and Earthquakes during the elevation of Mountain Ranges . . . . .	273
Conférence XIX. C. Zeissig, Eine graphische Methode zur Bestimmung der Lage des Epizentrums eines Erdbebens . . . . .	275

### Appendice — Anhang.

#### Circulaires officielles — Amtliche Rundschreiben.

Appendice I. Abschiedsschreiben des Herrn Prof. Dr. Gerland . . . . .	283
Appendice II. Circulaire annonçant le changement de direction du Bureau central . . . . .	284
Appendice III. 1. Circulaire relative au vote, par correspondance, du budget intérimaire pour la période du 1 <sup>er</sup> avril au 31 août 1911 . . . . .	285
Appendice III. 2. Projet de budget intérimaire pour la période du 1 <sup>er</sup> avril au 31 août 1911 . . . . .	286

	Pages
Appendice IV. 1. Convocation provisoire à la quatrième conférence de commission et à la deuxième assemblée générale . . . . .	287
Appendice IV. 2. Convocation définitive à la quatrième conférence de commission et à la deuxième assemblée générale . . . . .	288
Appendice V. Programme of the Meeting . . . . .	289
Appendice VI. Circulaire concernant la mise à l'impression du catalogue microsismique de 1907 et les observations qu'on pourrait faire sur le catalogue macrosismique . . . . .	290
Appendice VII. A. Cavasino, Intorno al catalogo internazionale dei macrosismi . . . . .	292
Appendice VIII. G. Martinelli, Nota sulla compilazione dei bollettini sismografici . . . . .	294
Appendice IX. Formules de circulaire à adresser aux États non encore associés, aux membres de la Commission permanente, aux correspondants régionaux, relative à la récolte des renseignements sismologiques . . . . .	299
Appendice X. Arrangement between the International Catalogue of Scientific Literature and the International Seismological Association, November 1911 . . . . .	301





● Сеизмическая Станція 1 Рanges  
 ● Сеизмическая Станція 2 Рanges

**КАРТА  
 ДѢЛНІЙ РОССІЙСКОЙ ИМПЕРІИ**

Масштабъ 1:12000000

Составилъ Г. Пруссинский  
 Издана въ Петербургѣ въ  
 1861 году въ типографіи Императорскаго  
 Географическаго Института

fig. 5.

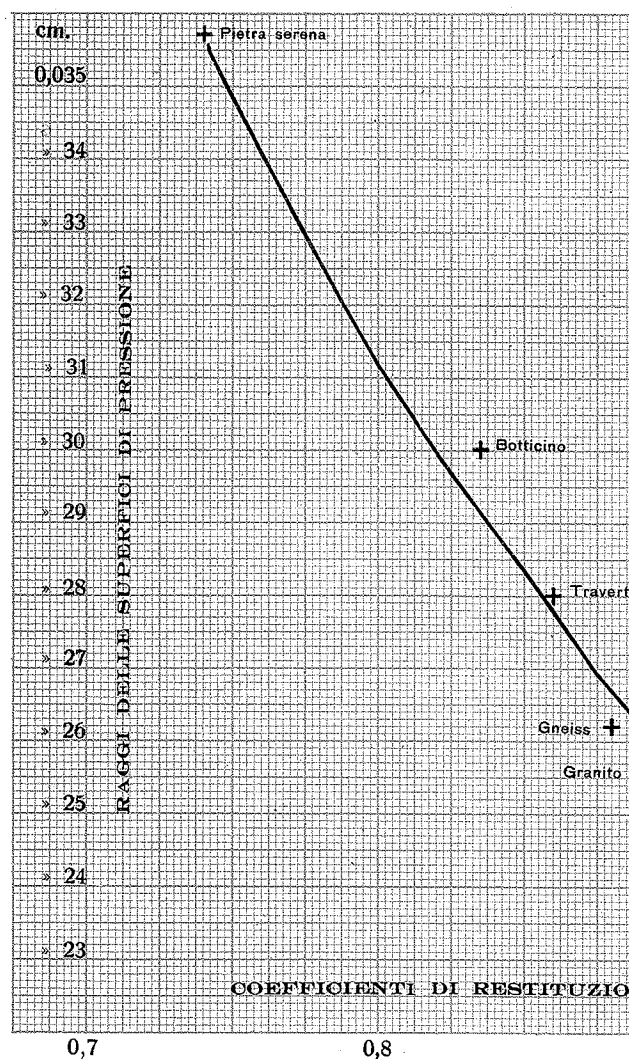


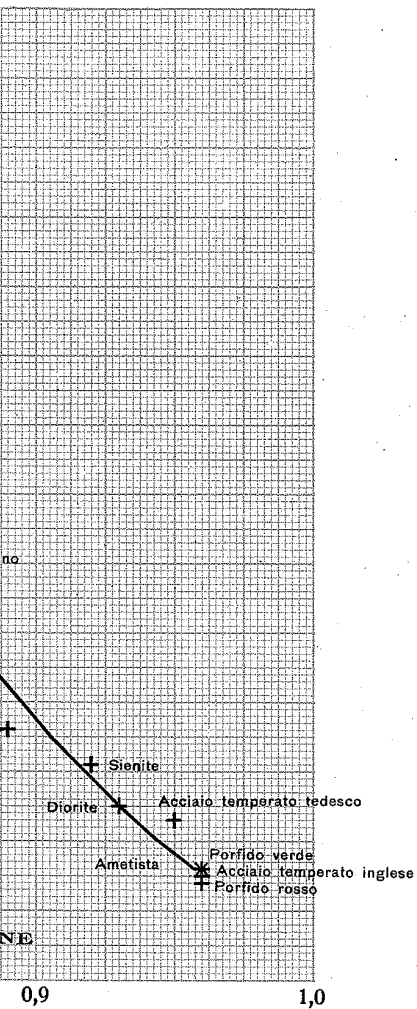
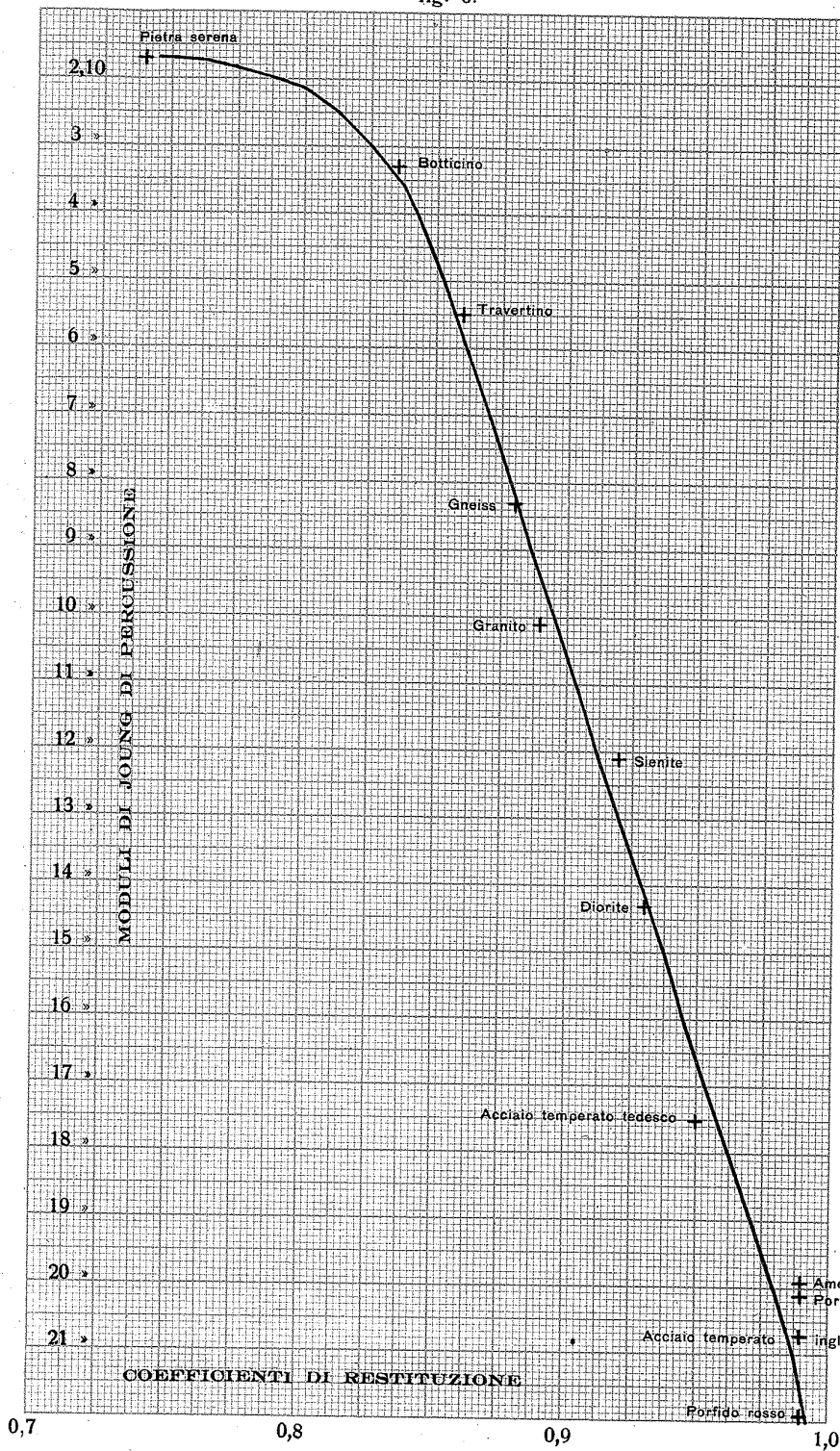
Fig. 5. — Graphique de la relation entre les coef restitution et les rayons de la surface dynam différentes pierres.

Fig. 6. — Graphique de la relation entre les coef restitution et les modules d'élasticité de Yc pierres.

EMILIO ODDONE. — Détermination dynamique des modules de Young des roches. — Tab. I.

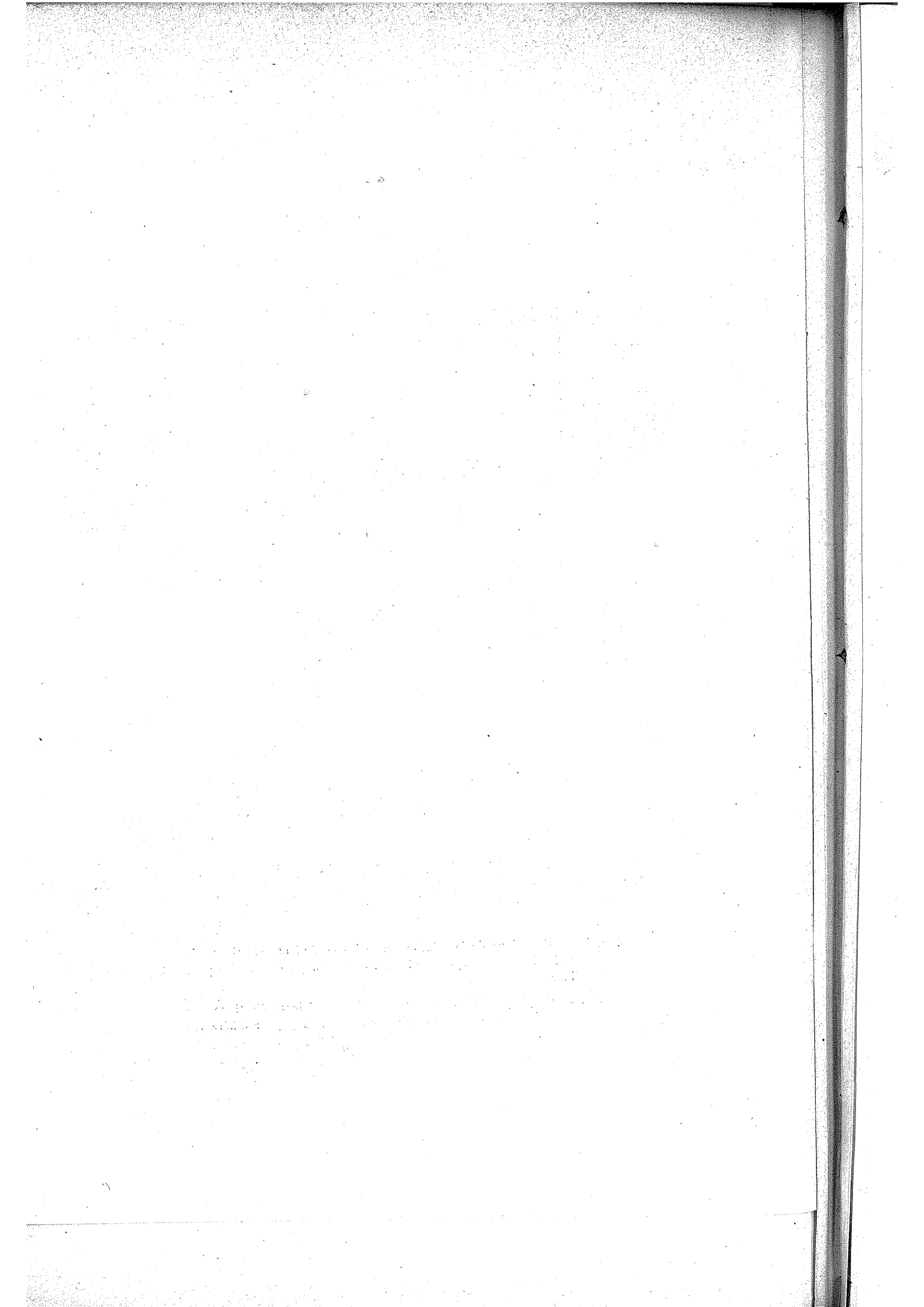
Comptes-Rendus des séances de la IV<sup>e</sup> réunion de la C. P. de l'Assoc. Intern. de Sismologie à Manchester. — 1911.

fig. 6.



coefficients élastiques de pression pour

coefficients élastiques de Young pour différentes

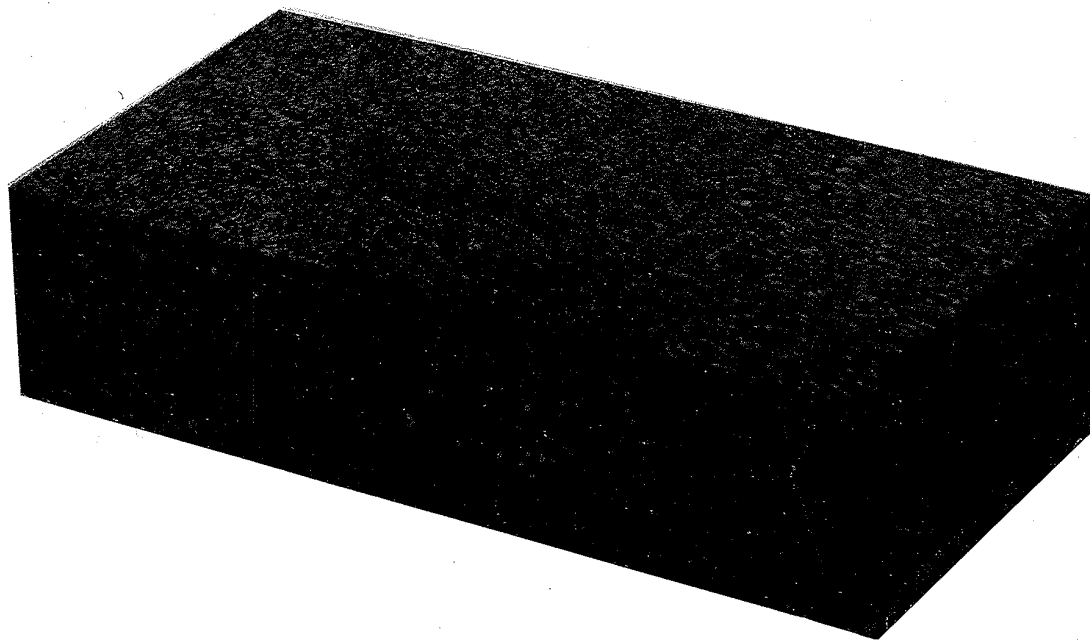




CONFÉRENCE XII. ODDONE.



Porphyre vert: fouille de Fiesole.



Porphyre rouge: Rome ancienne.

Trichromies de quelques échantillons employés dans les recherches.

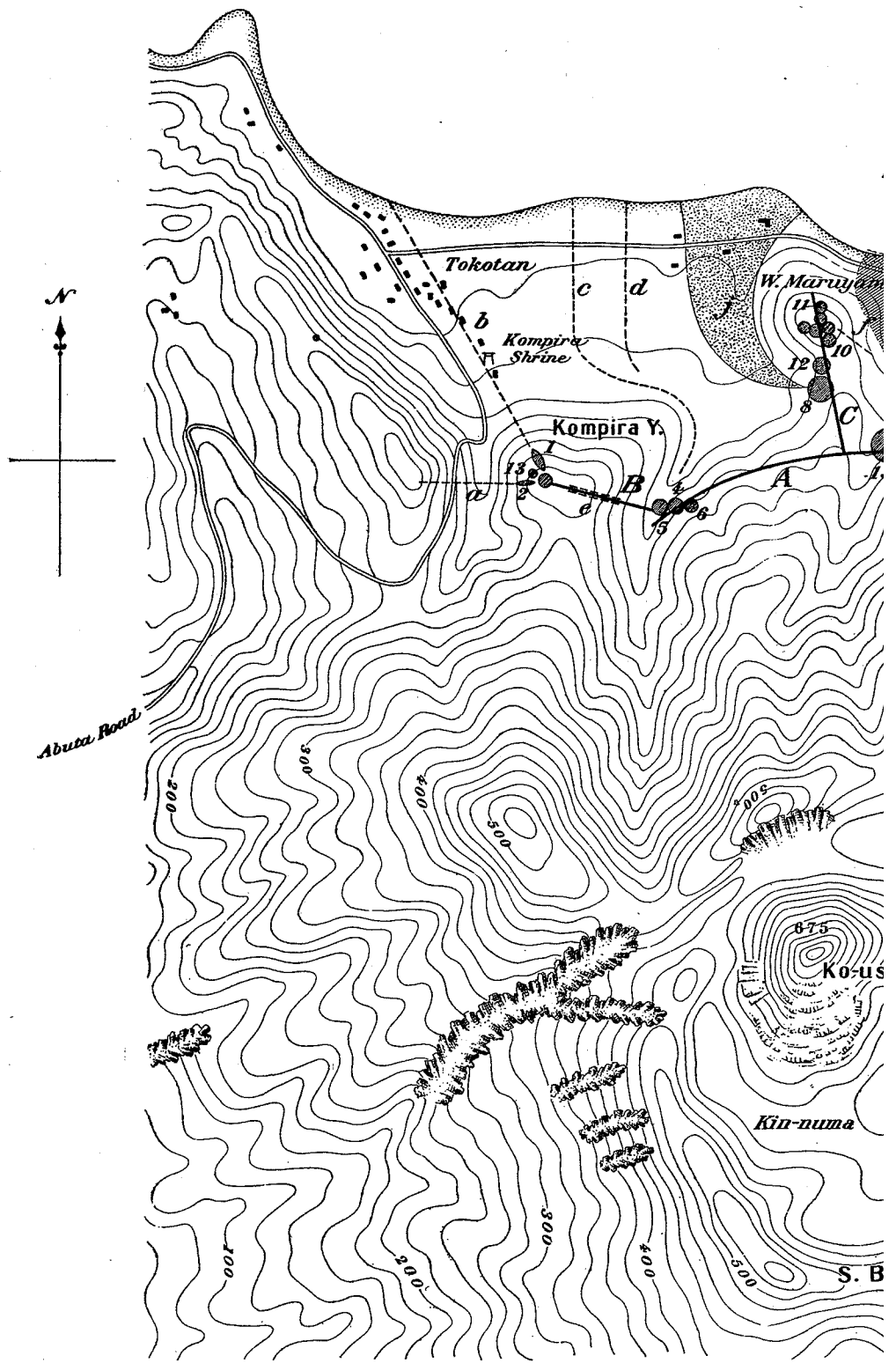
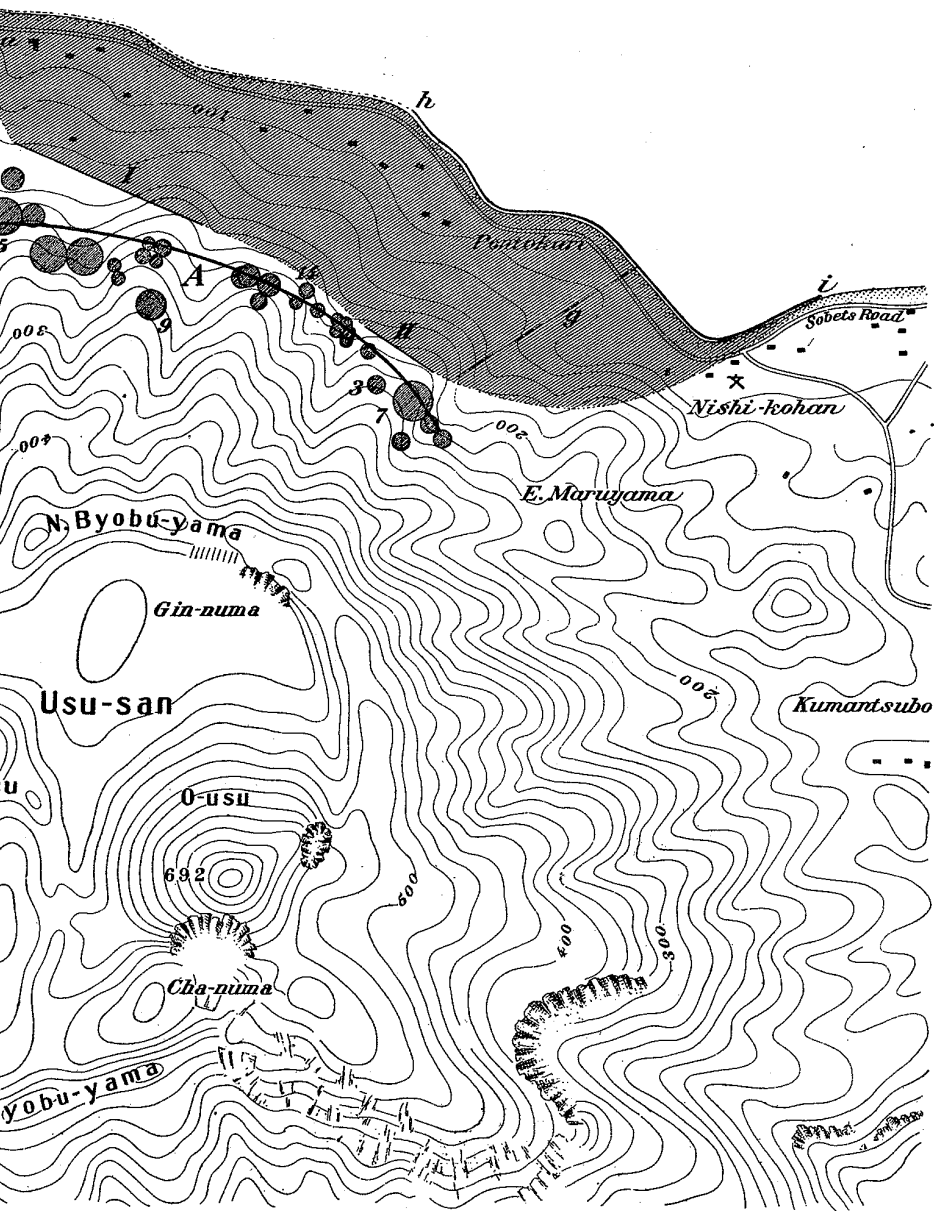








Fig. 1. Topographical Map of the Northern Flank of the Usu-san, showing the Distribution of the 43 Craterlets and the Locality of the Mountain Elevation.

Lake of Toya



- Signs**
-  .... New Craterlets.
  -  .... Elevation Region.
  -  .... Mud Stream.
  -  .... W. Kohan School.
  -  .... Kompira Temple.
  -  .... Building.

- AA, B, C, .... Explosion Zones.
- a, b, c, d, e, f, g, .... Fissures radiating from the craterlets.
- I, II, III, .... Dislocation Lines produced by the elevation of the lake side tract.
- h i, .... Elevated portion of the lake coast.

500 1000 Metres

*[Faint, illegible handwritten text, possibly bleed-through from the reverse side of the page.]*

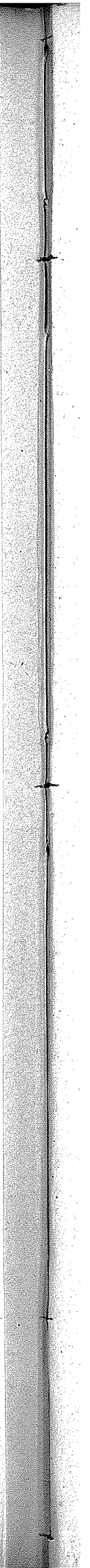
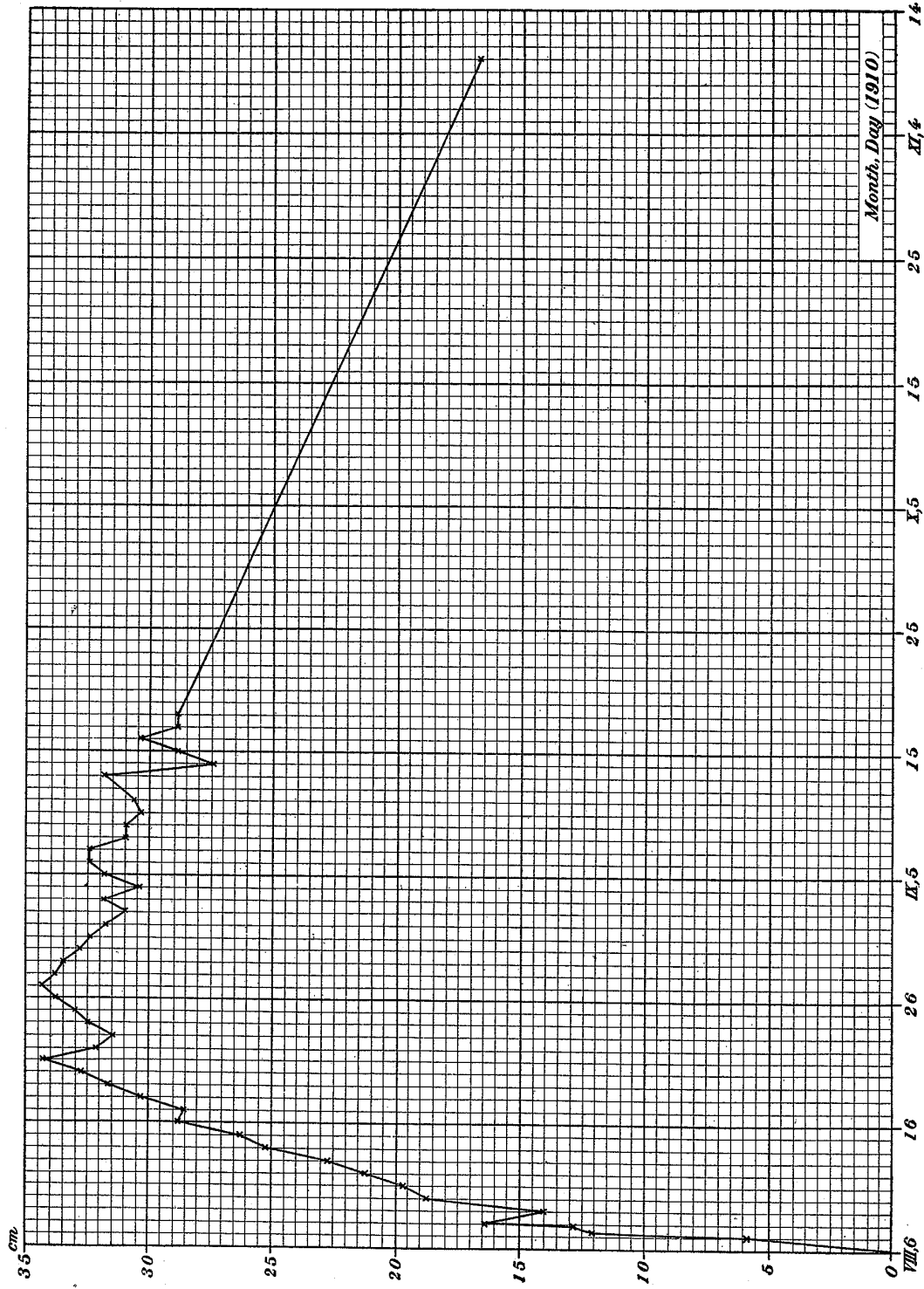
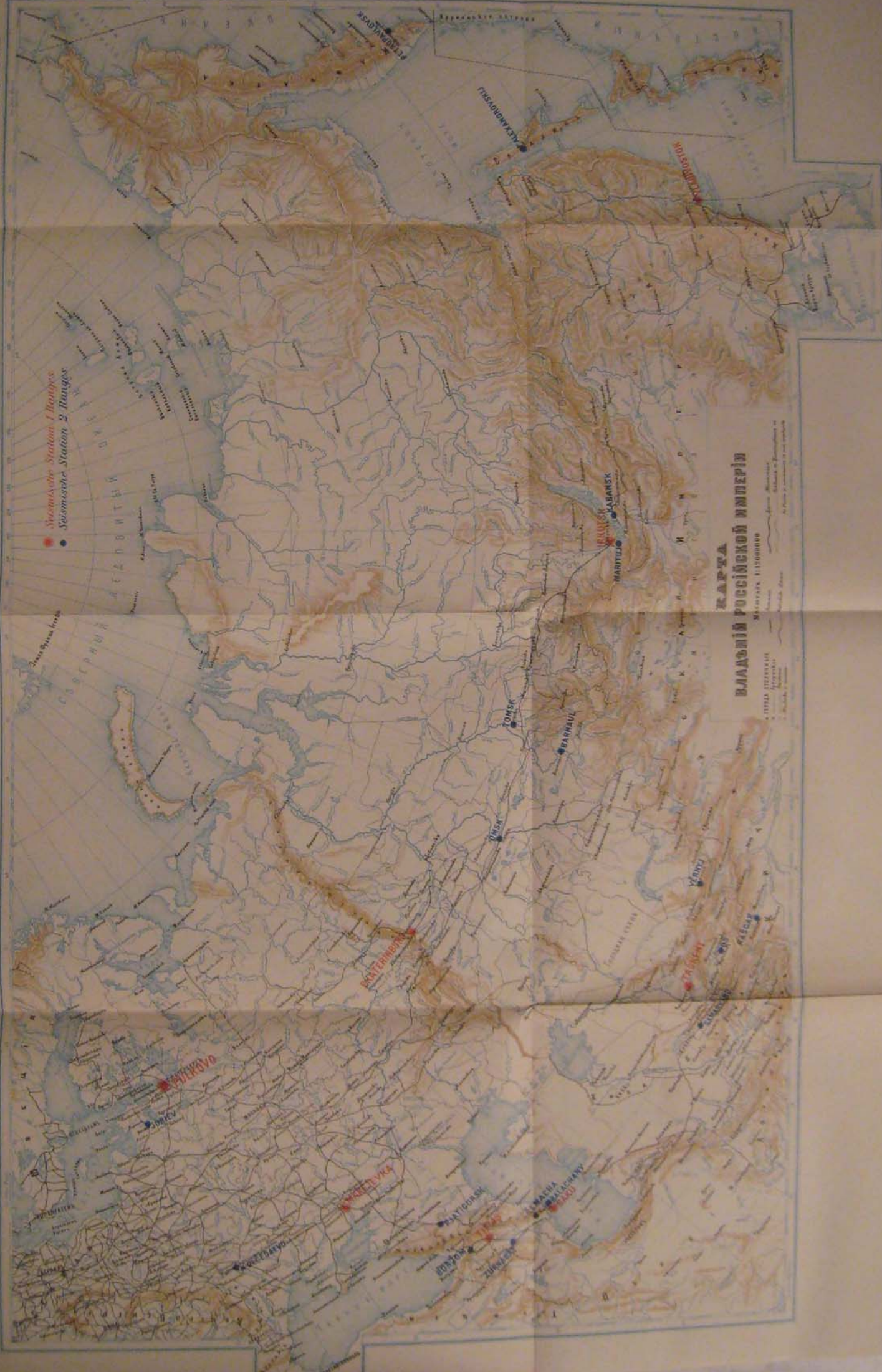


Fig. 2 . Elevation of the Coast of the Lake of Toya.  
Aug. 6th to Nov. 14th, 1910.





● Seismische Station 1 (Haupt)  
 ● Seismische Station 2 (Neben)

КАРТА  
 ВЛАДЫИ РОССІЙСКОЙ ИМПЕРІИ

МАСШТАБ 1:1000000  
 СЪСТАВЛЕНА И ВЫПУЩЕНА  
 ВЪ ПЕТЕРБУРГѢ  
 ВЪ 1880 ГОДУ  
 ГЕНЕРАЛЪ-МАЙОРЪ  
 А. П. ШОБЕРЪ

fig. 6.

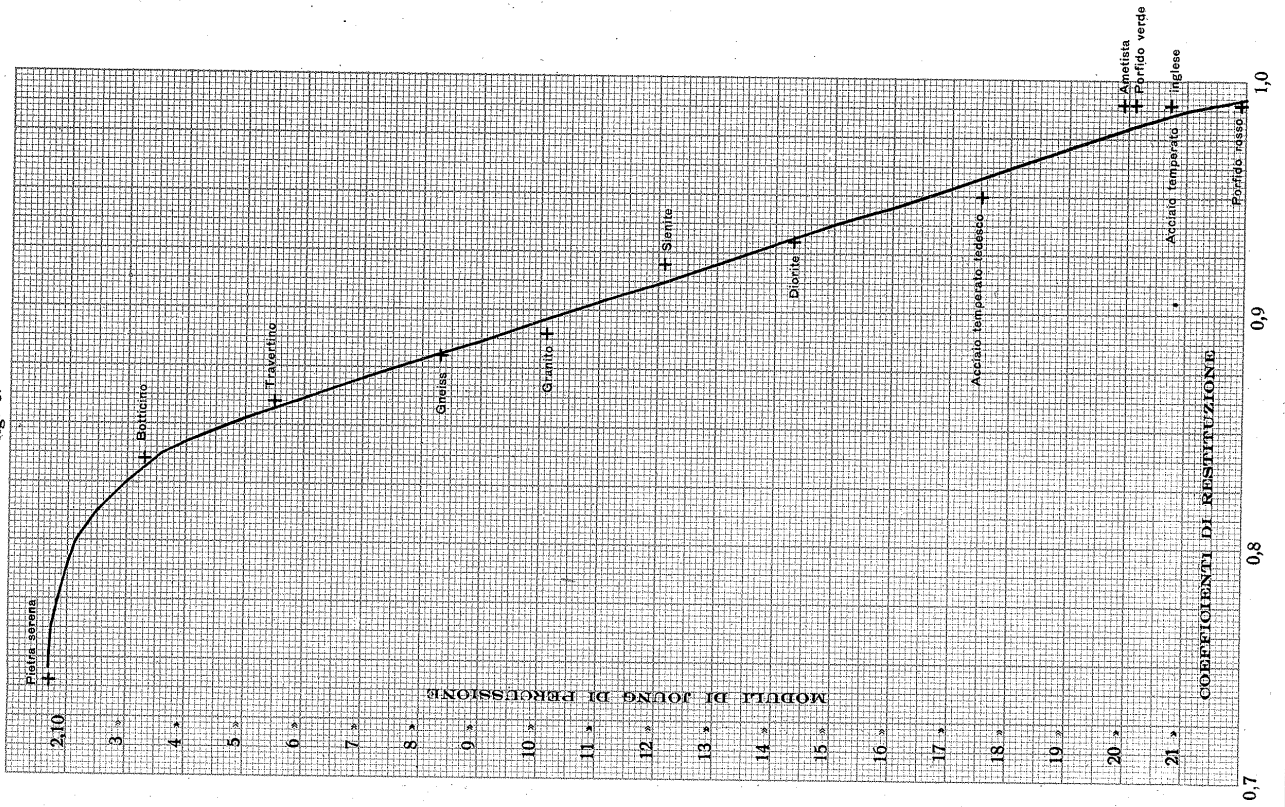


fig. 5.

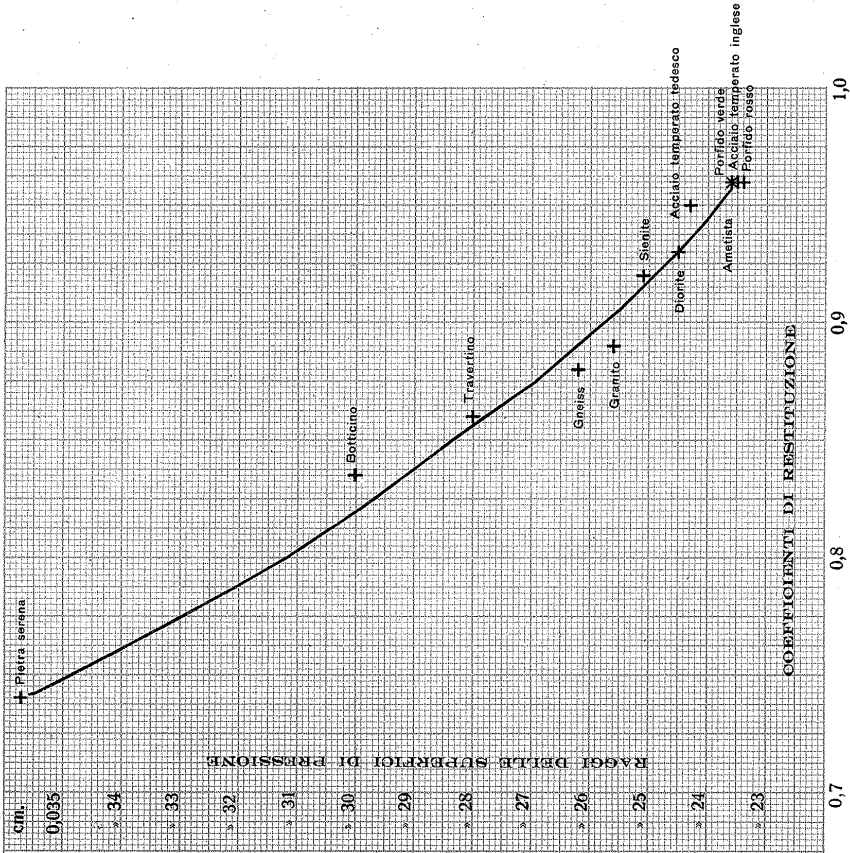
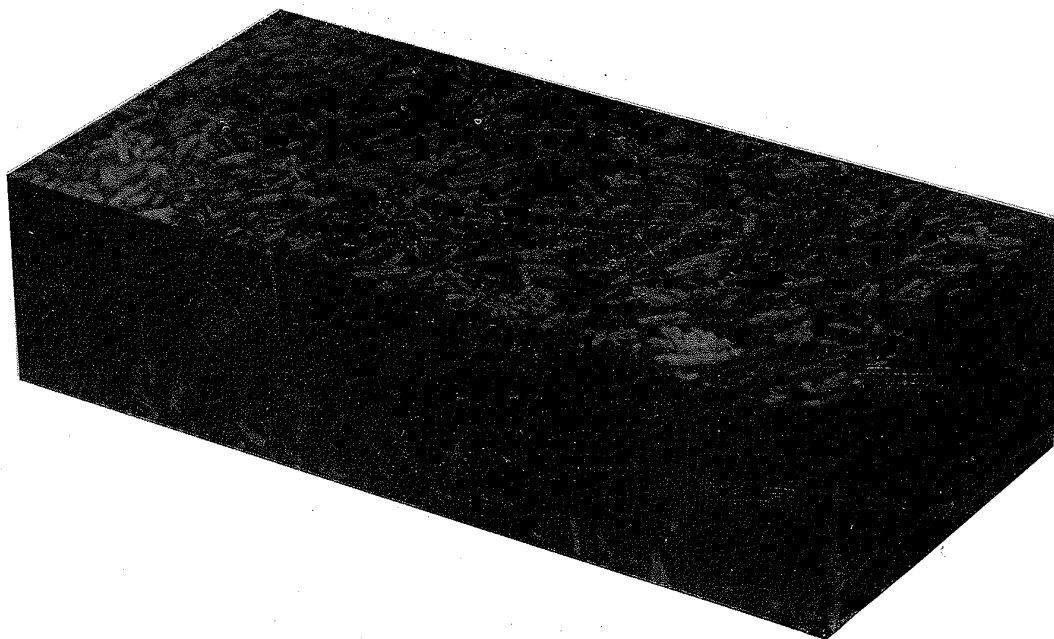


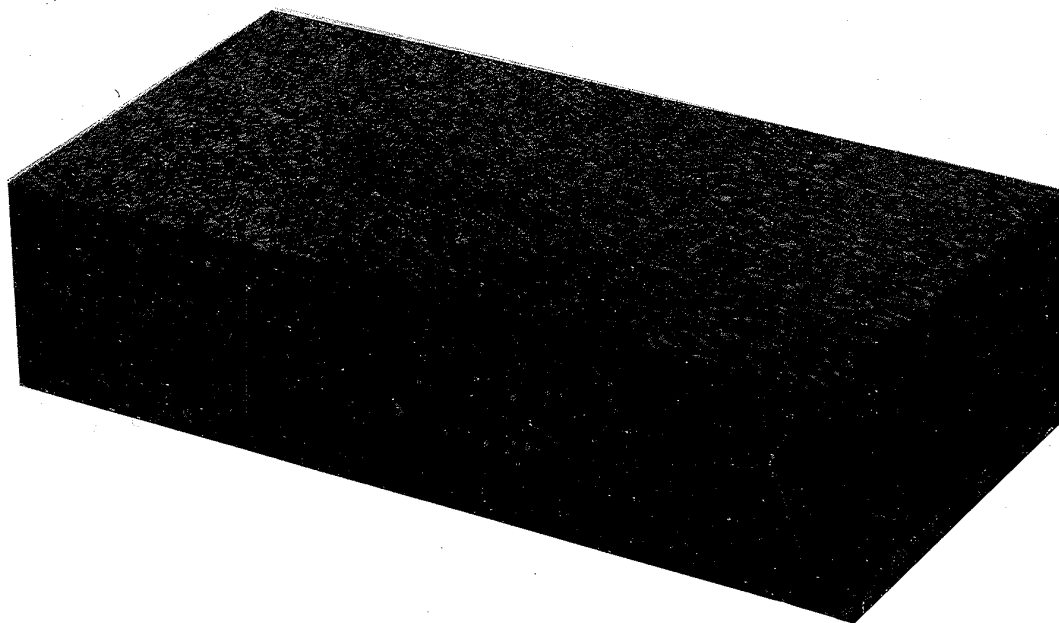
Fig. 5. — Graphique de la relation entre les coefficients élastiques de restitution et les rayons de la surface dynamique de pression pour différentes pierres.

Fig. 6. — Graphique de la relation entre les coefficients élastiques de restitution et les modules d'élasticité de Young pour différentes pierres.

CONFÉRENCE XII. ODDONE.



Porphyre vert: fouille de Fiesole.



Porphyre rouge: Rome ancienne.

Trichromies de quelques échantillons employés dans les recherches.



Fig. 1. Topographical Map of the Northern Flank of the Usu-san, showing the Distribution of the 43 Craterlets and the Locality of the Mountain Elevation.

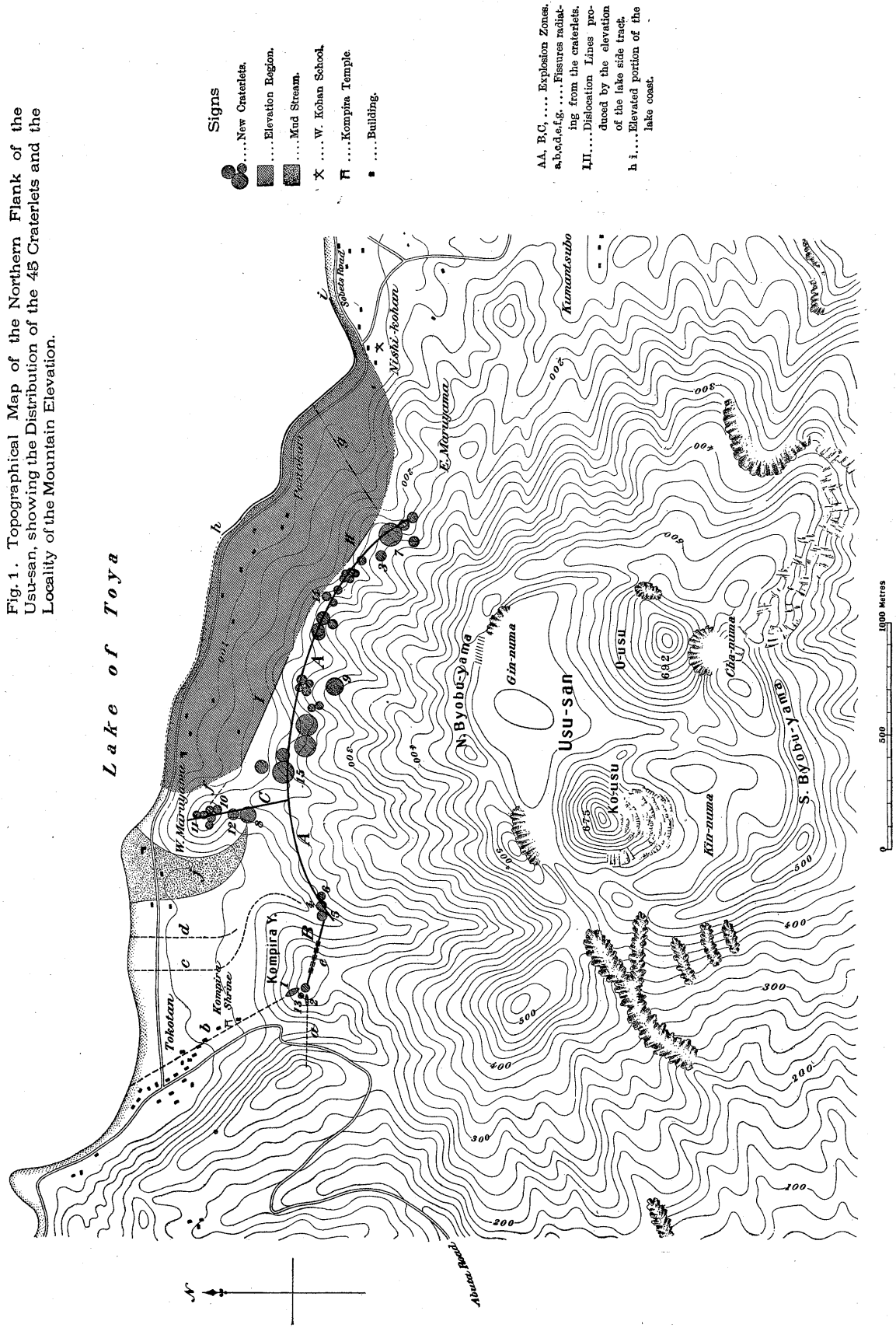


Fig. 2. Elevation of the Coast of the Lake of Toya.  
Aug. 6th to Nov. 14th, 1910.

