

PUBLICATIONS DU BUREAU CENTRAL  
DE L'ASSOCIATION INTERNATIONALE  
DE SISMOLOGIE.

VERÖFFENTLICHUNGEN DES ZENTRAL-  
BUREAUS DER INTERNATIONALEN  
SEISMOLOGISCHEN ASSOZIATION.

SÉRIE A. MÉMOIRES.

SERIE A. ABHANDLUNGEN.

LES TREMBLEMENTS DE TERRE DU  
KAMTCHATKA EN 1904.

PAR

ELMAR ROSENTHAL.

STRASSBURG.

1907.

Bibliothèque du Globe  
38, Boulevard d'Anvers

UNIVERSITÉ DES SCIENCES DE GENT  
Institut de Physique du Globe  
38, Boulevard d'Anvers

# Les tremblements de terre du Kamtchatka en 1904

par

**Elmar Rosenthal.**

## Les tremblements de terre du Kamtchatka en 1904.

Aux mois de juin et de juillet 1904, la côte orientale de la presqu'île de Kamtchatka subit un grand nombre de forts tremblements de terre dont les oscillations furent enregistrées à la plupart des observatoires sismologiques du monde. Jusqu'à présent cependant, l'épicentre d'où vinrent ces ondes est resté inconnu et l'on ne trouve que des indications assez vagues dans Milne et dans le „Bolletino Italiano“, suivant lesquels l'origine de ces enregistrements se trouverait à l'extrême orient. Je vais donner dans ce qui va suivre une étude de ces nombreuses enregistrements en comparant les documents macrosismiques peu détaillés qu'on a pu obtenir.

Les observations macrosismiques<sup>1)</sup> sont dues à *M. Kossatcheff*, chef du phare de la ville de Pétropawlowsk,  $\varphi = 53^{\circ} 03' N$ ,  $\lambda = 158^{\circ} 49' E$ . Gr. =  $10^h 33^m 3^s$ <sup>2)</sup>. Elles sont complétées par une description tirée d'un journal russe. L'heure des observations de *M. Kossatcheff* est déjà celle de l'Europe centrale, tandis que les indications du journal se rapportent à l'heure locale. J'ai fait un tableau des observations après avoir converti l'heure de l'original en celle de Greenwich qui sera toujours celle employée dans cette étude. Ce n'est que dans ce tableau que j'ajouterai encore l'heure locale pour faciliter la comparaison avec les indications du journal. Voici les résultats.

---

<sup>1)</sup> Bull. de la Commission Sismol. Centrale de St. Pétersbourg pour l'année 1904 (En langue russe.)

<sup>2)</sup> Les coordonnées sont tirées de l'Atlas russe de Marcks.

---

Observations de M. Kossatcheff.

N <sup>o</sup>	Heure de Greenwich	Caractère	Durée totale	Direc- tion	Force d'après M. Kossatcheff	Heure locale
I	24 Juin 1 <sup>h</sup> 17.4 <sup>m</sup>		30 <sup>s</sup>	N-S		24 Juin 11 <sup>h</sup> 50.7 <sup>m</sup>
II	25 Juin 2 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>	ondulat.	35 <sup>s</sup>	N-S	V	25 Juin 13 <sup>h</sup> 13.3 <sup>m</sup>
III	25 Juin 15 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup>		50 <sup>s</sup>	N-S	VI	26 Juin 1 <sup>h</sup> 37.3 <sup>m</sup>
IV	25 Juin 15 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup>		05 <sup>s</sup>	N-S	III	26 Juin 1 <sup>h</sup> 46.3 <sup>m</sup>
V	25 Juin 19 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup>		09 <sup>s</sup>	N-S	IV	26 Juin 5 <sup>h</sup> 37.3 <sup>m</sup>
VI	25 Juin 21 <sup>h</sup> 17.6 <sup>m</sup>	3 secousses	45 <sup>s</sup>	N-S		26 Juin 7 <sup>h</sup> 50.9 <sup>m</sup>
VII	26 Juin 23 <sup>h</sup> 14.7 <sup>m</sup>		45 <sup>s</sup>		V	27 Juin 9 <sup>h</sup> 48.0 <sup>m</sup>
VIII	27 Juin 0 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup>		15 <sup>s</sup>		V	27 Juin 10 <sup>h</sup> 59.3 <sup>m</sup>
IX	27 Juin 2 <sup>h</sup> 06.7 <sup>m</sup>		30 <sup>s</sup>		V	27 Juin 12 <sup>h</sup> 40.0 <sup>m</sup>
X	28 Juin 11 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup>	1 secousse	07 <sup>s</sup>	N-S	II	28 Juin 21 <sup>h</sup> 49.3 <sup>m</sup>
XI	30 Juin 13 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup>		05 <sup>s</sup>		II	30 Juin 23 <sup>h</sup> 46.3 <sup>m</sup>
XII	30 Juin 13 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup>		10 <sup>s</sup>		III	1 Juill. 21 <sup>h</sup> 01.3 <sup>m</sup>
XIII	24 Juill. 10 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup>	3 secousses	45 <sup>s</sup>	N-S	V	24 Juill. 21 <sup>h</sup> 07.3 <sup>m</sup>
XIV	28 Juill. 9 <sup>h</sup> 21.7 <sup>m</sup>	2 sec. sépar.	18 <sup>s</sup>		VI	28 Juill. 19 <sup>h</sup> 55.0 <sup>m</sup>

Remarquons d'abord que l'échelle employée par *M. Kossatcheff* pour apprécier la force n'est pas celle de *Rossi-Forel*, employée d'ordinaire dans le bulletin russe. Nous lisons en effet dans les journaux qu'à 3<sup>h</sup> a. m. du 26 juin (h. loc.), c'est-à-dire pendant les tremblements N<sup>os</sup> III et IV, des cheminées tombèrent, des vitres se brisèrent et toute la population „habituée déjà aux tremblements“ fut saisie d'une horrible panique. La force était donc VIII—IX d'après l'échelle de *Mercalli*. Vers 7<sup>h</sup> (heure locale 26 juin No. VI) s'éleva de la baie d'abord tranquille une vague immense qui jeta des barques et des canots sur le rivage à une distance de 60 m.; des rochers éclatèrent et tombèrent dans l'eau. C'est donc la force IX—X. De plus les observations citées sont probablement incomplètes, car nous lisons que des chocs souterrains se répétèrent en s'affaiblissant pendant toute la journée du 26 juin et même le 27 juin à quelques heures d'intervalle, tandis que dans la liste de *M. Kossatcheff* il ne se trouve pas d'observations entre 8<sup>h</sup> a. m. du 26 juin à 10<sup>h</sup> a. m. du 27 juin. D'après les journaux, les secousses cessèrent le 28 juin au moment où quatre grands volcans commencèrent à fumer.

En effet, dans la liste de *M. Kossatcheff* les n<sup>os</sup> X, XI, XII sont d'une intensité très faible comparativement aux précédents et il n'y a de fortes secousses qu' à la fin du mois de juillet, secousses sur lesquelles nous ne possédons pas d'autres renseignements. Il faut donc conclure que l'on doit ajouter environ 3 degrés aux indications de *M. Kossatcheff* pour le mois de juin; cependant l'heure indiquée est assez exacte, comme nous le verrons plus loin. La force des tremblements n<sup>os</sup> I et VI qui n'est pas indiquée dans la liste a probablement été très considérable, comme le prouvent aussi les enregistrements dont nous parlerons.

Un fait bien connu, c'est qu'il y a presque toujours pendant les grands tremblements de terre des secousses multiples sortant du même épicycle. Leur intensité est plus grande au commencement de la période sismique, puis elle s'affaiblit et devient enfin insensible. Il faut donc conclure que toutes les secousses décrites ont le même épicycle bien qu'on ne puisse le préciser. N'ayant d'autres observations que celles de Pétropawlowsk, où la force des secousses a été très considérable, la seule conclusion qu'on puisse en tirer, c'est que l'épicycle se trouve probablement non loin de Pétropawlowsk, peut-être un peu au nord de cette ville.

Passons aux observations microsismiques. En parcourant les recueils des enregistrements, on trouvera pendant l'époque dont il est question un certain nombre de groupes d'enregistrements, plus ou moins nombreux, dont la plupart pourrait bien appartenir aux tremblements du Kamtchatka. Les publications que nous avons revues sont les suivantes.

- A. Belar.* „Die Erdbebenwarte“.  
*T. Claxton.* Results of the Observations at the R. Alfred Observatory, Mauritius.  
*F. Etsold.* 5. Bericht der Erdbebenstation in Leipzig. Ber. d. K. Sächs. Ges. d. Wissensch.  
*O. Hecker.* Seismometrische Beobachtungen in Potsdam. Veröff. d. K. Preuss. Geod. Inst. N.F. No. 21.  
*W. Kesslitz.* Jahrb. der . . . seismometr. Beob. in Pola. N. F. Bd. IX.  
*G. Levitski.* Bull. de la Commission. Centr. Sism. Perm. de St. Pétersbourg.  
*J. Milne.* Br. Ass. Circular. No. 10, 11.  
*A. Orloff.* Über die Seismogramme des Zöllnerschen Horizontalpendels. Sitzungsb. Dorp. Naturf. Ges. 1906, XV, 3.  
*L. Palazzo.* Bolletino della Società Sismologica Italiana. Vol. XI.  
*H. Reid.* Records of Seismographs. „Terrestr. Magn.“ V. X, nos 2, 4.  
*A. Réthly.* Ungarischer Erdbebenkatalog für 1904.  
*E. Rudolph.* Ost-Asiatischer Erdbebenkatalog. Beitr. zur Geophysik. Bd. VIII, No. VII.  
*H. Schering.* Seismische Registrierungen in Göttingen. Nachr. K. Ges. d. Wiss. 1905, No. 2.  
*R. Schült.* Mitteilungen der Hauptstation für Erdbebenforschung zu Hamburg.  
Monthly Weather Review of the U. S. Weather Bureau.

J'ai en outre eu à ma disposition les manuscrits des observations faites à Strasbourg et à Quito et les copies photographiques des enregistrements de Coïmbre (pendule de Milne).

A l'exception d'un certain nombre de perturbations isolées, séparées par des intervalles de quelques heures et réparties sur le monde entier, les groupes d'enregistrements qui suivent se distinguent d'une manière plus ou moins marquante.

N <sup>o</sup>	Date	Heure du commenc. des enregist.		Nombre des station	Situation des stations	Remarques
		h m	h m			
1	24 Juin	1 10	2 42	34	Asie, Europe, Amérique, Afrique	
2	25 Juin	2 42	3 06	12	Nord de l'Asie, Europe	
3	„	14 50	15 42	58	Tout le monde	
4	„	18 57	19 34	3	Nord de l'Asie, Europe	
5	„	20 12	20 48	13	Asie, Europe	
6	„	21 01	21 38	55	Tout le monde	
7	26 Juin	2 03	2 35	4	Nord de l'Asie, Europe	
8	„	4 49	5 42	4	Nord de l'Asie, Europe	
9	„	10 36	11 58	43	Asie, Europe, Afrique, Amérique	
10	„	16 24	16 56	3	Nord de l'Asie, Europe	
[11	„	19 49	20 33	21	Asie, Europe, Amérique, Australie	A partir de Batavia]
[12	„	20 33	20 46	6	Europe	]
[13	„	22 01	22 37	5	Nord de l'Asie, Europe	A partir de Tiflis]
14	„	23 15	23 52	12	Nord de l'Asie, Europe	
15	27 Juin	0 05	0 55	56	Tout le monde	
[16	„	21 19	22 06	10	Nord de l'Asie, Europe	Ressenti à Irkutsk]
[17	28 Juin	0 00	0 30	7	Nord de l'Asie, Europe	A partir de Tachkent]
[18	„	2 18	2 23	5	Europe	Ressenti au Balcan]
19	„	13 21	13 46	6	Nord de l'Asie, Europe	
20	29 Juin	0 58	1 45	4	Nord de l'Asie, Europe	
21	„	1 57	2 28	7	Asie, Europe	
[22	„	23 20	23 21	3	Japon	Ressenti en Japon]
[23	30 Juin	12 53	12 59	2	A Tachkent et à Potsdam]	
24	„	17 31	18 01	6	Nord de l'Asie, Europe	
[25	„	20 44		2	Japon	
26	24 Juill.	10 38	11 45	35	Asie, Europe, Amérique, Afrique	

Les groupes entre parenthèses, savoir les nos. 11, 12, 13, 16, 17, 18, 22, 23, 25, n'appartiennent évidemment pas au cas dont il est question. Parmi les autres groupes les nos. suivants des listes tant microsismiques que macrosismiques montrent une remarquable coïncidence.

Observ. macros. n<sup>os</sup> I II III, IV V VI VII VIII XIII

Observ. micros. n<sup>os</sup> 1 2 3 4 6 14 15 26

Les n<sup>os</sup> 5, 7, 8, 9, 10 n'ont pas d'heures correspondantes dans la liste de *M. Kossatcheff*, mais d'après les indications du journal mentionné, il y a eu aussi à ces mêmes heures des secousses au même épicycle. C'est ce qui peut être démontré avec la plus grande probabilité pour le grand tremblement no. 9. L'origine des enregistrements n<sup>os</sup> 19, 20, 21, 24 reste douteuse; il n'y a d'autre part pas d'enregistrements correspondant aux secousses n<sup>os</sup> IX, X, XI, XIV.

En passant aux détails des observations microsismiques, on remarque à première vue que les n<sup>os</sup> 1, 3, 6, 9, 15, 26 se distinguent des autres par le grand nombre de stations citées et par les indications détaillées qu'on a pu obtenir par la lecture

des sismogrammes; ils méritent donc une étude plus approfondie. Cependant, dans l'état actuel de la science, on n'est pas encore parvenu à une connaissance précise du mouvement vrai du sol. En 1904 surtout il n'y a que 2—3 stations qui donnent ce mouvement dans une mesure absolue pour quelques moments choisis. On est donc forcé de se contenter d'un aperçu général sur la transmission des ondes sismiques. La prépondérance des différentes espèces d'ondes dans les diverses parties des enregistrements donne lieu à une division en phases caractéristiques, connues par les travaux de Rebeur, d'Oldham et d'Omori. Ce sont la première et la seconde partie des oscillations préliminaires et la phase principale. D'après Omori, celle-ci peut être encore subdivisée en différentes parties, mais dans la pratique cette subdivision n'est pas répandue. C'est même un nombre relativement restreint des publications citées, qui donne le moment initial des trois phases indiquées; ce sont les publications des stations allemandes, la publication américaine, le catalogue de *M. Rudolph* et celle de la station de Mauritiuis. Les circulaires de *M. Milne* ne donnent que deux phases, la phase préliminaire et la phase principale ou le moment d'arrivée des ondes lentes. En effet, le commencement enregistré par l'appareil de Milne se rapporte tantôt à la première, tantôt à la seconde partie de la phase préliminaire, ce que l'on peut aisément voir, soit en les comparant aux indications des stations situées presque à la même distance de l'épicentre, soit en calculant approximativement les moments d'arrivée d'après les vitesses connues, p. e. à l'aide des tables de *M. Benndorf*<sup>1)</sup>. La publication russe contient une autre subdivision. On y trouve: T = commencement des oscillations faibles, C = commencement, R = renforcement. Une étude comparée de ces moments montre clairement, que du moins pour les stations du réseau du Caucase, cette division se confond avec la division citée plus haut. Les autres stations permettent également de distinguer souvent ces trois phases principales. La publication italienne donne d'ordinaire une description détaillée des particularités des sismogrammes, description suivant laquelle on réussit souvent à distinguer les phases indiquées. Quelquefois on y trouve même des indications directes. Ainsi j'ai réussi à classer les moments qui se rapportent aux tremblements nos 1, 3, 6, 9, 15, 26 suivant un spécimen contenant ces trois phases que je désigne par V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, B.

Un grand nombre de stations sont pourvues de plusieurs sismomètres dont les enregistrements, même pour les différentes composantes, ne coïncident presque jamais parfaitement. La question se pose donc: lequel des moments différant un peu est-il le commencement vrai de la phase à considérer. Dans ce qui suivra j'ai adopté pour principe de toujours choisir, parmi les indications d'une valeur probablement égale, celle qui indique en premier lieu le commencement. S'il y a des raisons spéciales pour les rejeter, on trouvera une remarque explicative. Les tableaux suivants donnent ces moments. J'y ai ajouté encore les maxima, lorsqu'ils

---

<sup>1)</sup> *H. Benndorf*. Über die Art der Fortpflanzung der Erdbebenwellen im Erdinnern. Mitt. Erdbebenkomm. Wien N.F. No. XXIX.

peuvent se rapporter à la phase B. Le maximum apparent indiqué par un pendule sans amortissement ne se rapporte pas rigoureusement au maximum vrai du mouvement du sol. Il se présente même plusieurs maxima d'une valeur apparente presque égale. J'ai donc indiqué non seulement le premier moment, mais aussi les limites, entre lesquelles tombent les maxima fournis par les différentes composantes de la station en question, pour le cas où il y en a.

Dans les listes suivantes les stations sont classées par ordre selon leur distance de la ville de Pétropawlsk. J'ai mesuré ces distances sur un grand globe terrestre d'après Kiepert à l'échelle de 1 : 16 500 000 ce qui comporte une exactitude de 200 Km. près. C'est très probablement la limite d'exactitude avec laquelle ces distances peuvent être confondues avec les distances de l'épicentre. J'ai omis les indications sur les stations suivantes :

- Tchita, Kabansk, Krasnoïarsk (Sibérie), qui, pendant cette année de guerre ne purent obtenir des corrections exactes de leurs horloges ;
- Pavie, Turin, Giaccherino, Urbino (Italie), qui de même ne donnent pas l'heure exacte de leurs enregistrements ;
- Granade (Espagne) ; je n'ai trouvé pour cette station que des indications vagues dans l'„Erdbebenwarte“.

Parmi les observatoires de Florence j'ai choisi celui dont les enregistrements étaient les plus détaillées et qui donnaient le plus tôt le commencement. Si plusieurs de ces enregistrements me semblaient également justes, je les ai toutes données. Les remarques des originaux concernant les observations se trouvent indiquées par des guillemets. Des nombres, évidemment faux pour quelque cause défavorable sont mis entre parenthèses.

N° 1. 24. Juin 1904.

Station	Distance de Pé-tropawl.	V <sub>1</sub>			V <sub>2</sub>			B			Max.			Durée	Remarques
		h	m	s	h	m	s	h	m	s	h	m	m		
Tokio . . . . .	2500	1	09.7								1	14.1		135	
Irkoutsk . . . . .	3700	1	09.9					1	22.6		1	24.8—34.6			
Honolulu . . . . .	5100			1	20.4			1	28.4		1	32.9		65	
Victoria (Canada) .	5500			1	20.4									55	
Calcutta . . . . .	6900			(1	32.4)			1	40.5			h m	1 45.6	38	„Doubtful“
Chemakha . . . . .	7700	1	11 33	1	30 09			1	44 25		1	47 30		100	
Tiflis . . . . .	7900			1	30.8			1	44 55		1	47—54		100	
Akhalkalaki . . . .	7900							1	45 02		1	52 10		26	
Borjom . . . . .	8000							1	45 04		1	54			
Edimbourg . . . . .	8000				1	25.0					1	53.5		63	
Nikolaïen . . . . .	8000	1	16.2	1	23.3						1	55.6		94	
Toronto . . . . .	8100			1	24.2						1	51.0		58	„Very small, but decided“
Batoum . . . . .	8100										1	51 —2 00			



Station	Distance de Pé- tropawl	V <sub>1</sub>			V <sub>2</sub>			B			Max.			Durée m	Remarques
		h	m	s	h	m	s	h	m	s	h	m	m		
Potsdam . . . . .	8100	1	15	44	1	25	05				1	43	— 53	165	
Hambourg . . . . .	8100	1	15	45	1	25	04							211	
Leipzig . . . . .	8200	1	15	57	1	25	30	1	37	30				70	
Göttingen . . . . .	8200	1	15	49	1	25	18	1	41.6					104	
Madras . . . . .	8200										1	54.3		7	„Thickening of line“
Bombay . . . . .	8200							1	35.3		1	47.0		40	
Bidston . . . . .	8300				1	22.6		1	33.0		1	52.3		69	
Kew . . . . .	8500							1	48.4 ?		1	55.2 ?		36	{ „Times somewhat incer- tain“ ? de l'Origin.
Shide . . . . .	8600				1	23.6					1	51.9		60	
Strasbourg . . . . .	8700	1	16	19	1	26	40							154	
Baltimore . . . . .	8700							1	39.0		2	11.0		65	„Times very inaccurate“.
Padoue . . . . .	8900	1	16	27	1	26	09	1	47	40				63	{ D'après Quarto V <sub>1</sub> = 16 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup> „un pò incerto“; pas de détails.
Florence (Xim.) . . . . .	9100	1	17	00	1	26	00	1	45	00				93	
Beyrouth . . . . .	9100	(1	4	)							1	59		73	
Rocca di Papa . . . . .	9200	1	16	40				1	44	19				57	
Ischia . . . . .	9300	1	16	53										49	
San Fernando . . . . .	10200				1	28.4		1	56.8		1	59.9		65	
Porto Rico . . . . .	11300							1	58.3					13	„Long slow waves“.
Le Cap . . . . .	16300										2	42.5		39	„Slight vibrations“.

**N° 3. 25. juin 1904.**

Tokio . . . . .	2500	14	51.6					14	55.9					180	
Irkoutsk . . . . .	3700	14	52.2	14	57.4	15	04.1	15	07	— 28				248	
Zi-ka-wei . . . . .	3900	14	53	30										8	
Sitka . . . . .	4200	14	54.1	14	59.0	15	08							41	„Very small“
Honolulu . . . . .	5100								(15	47.5)					„Times very inaccurate“
Victoria . . . . .	5500	14	54.4	15	01.1	15	05.3	15	16.5					128	
Manille . . . . .	5500	14	54	45					(14	56	20)			40	
Tachkent . . . . .	6600	14	55.1	15	02.8										
Calcutta . . . . .	6900	14	56.0				15	14.3	15	27.0				165	
Jouriev . . . . .	7100	14	56	22	15	05	49	15	18	47	15	24	48		
Chemakha . . . . .	7700	14	56	39	15	06	01	15	25	17	15	28	— 34	124	
Tiflis . . . . .	7900	14	56.9	15	06	24	15	25.5	15	33	— 35			174	
Akhalkalaki . . . . .	7900	14	57	07	15	06	33	15	25	53	15	34	53	89	
Borjom . . . . .	8000	14	57	04	15	06	31	15	25	51	15	36		84	
Edimbourg . . . . .	8000	14	58.0					15	16.5	15	30.0			148	
Paisley . . . . .	8100				15	06		15	30		15	40.2		139	
Toronto . . . . .	8100				15	05.8	15	14.8	15	32.7				142	„Began suddenly“
Batoum . . . . .	8100	14	57	13	15	06	41	15	25	53	15	35		94	
Potsdam . . . . .	8100	14	57	18	15	06	33				15	25	— 38	270	
Hambourg . . . . .	8100	14	57	17	15	06	45				15	34	43		Dans l'original V <sub>2</sub> est B
Leipzig . . . . .	8200	14	57	20	15	06	49	15	22	42				162	
Göttingen . . . . .	8200	14	57	15	15	06	42	15	18		15	26	— 42	183	
Madras . . . . .	8200				15	07.7	15	28.0	15	34.4—38.0				68	

Station	Distance de Pé- tropawl.	V <sub>1</sub>			V <sub>2</sub>			B			Max.			Durée m	Remarques
		h	m	s	h	m	s	h	m	s	h	m	m		
Bombay . . . . .	8200				15	07.1					15	34.5		95	
Batavia . . . . .	8300	14	55	49	15	05	21	15	33	43	15	36	46	101	
Bidston . . . . .	8300	14	57.1		15	07.3					15	29.2		168	Dans l'original V <sub>2</sub> est B.
Budapest . . . . .	8400				15	07	20	15	17		15	28		61	
O'Gyalla . . . . .	8400	(14	47	11)				15	15	49	15	25.3—25.6		86	
Kew . . . . .	8500				15	07.2					15	35.2—38.4		104	
Shide . . . . .	8600	(14	18.3)								15	33.0—40.5		172	
Strasbourg . . . . .	8700	14	57	37	15	07	20								
Laibach . . . . .	8700	14	56	30							15	34		52	
Baltimore . . . . .	8700							15	24.5		15	53.5		126	} „Times very inaccurate“. } Dans l'original B est V <sub>1</sub> .
Fiume . . . . .	8800							15	31					8	
Pola . . . . .	8800							15	24	12	15	37	09—15	16	
Padoue . . . . .	8900	14	57	56	15	07	55	15	22		15	32	11	87	
Florence . . . . .	9100	14	58	00	15	07	37	15	24	00	15	33—37		180	
Rocca di Papa . . . . .	9200	14	58	12	15	08	29				15	33—43		64	
Ischia . . . . .	9300	14	58	20	15	08	48	15	26	45	15	39	30	92	
Catania . . . . .	9600	14	58	23				15	32	47	15	42		88	
Carloforte . . . . .	9600										15	42—52		10	
Caire . . . . .	9700	(14	49.6)								15	53.0		110	
Coimbre . . . . .	9800	15	00.1		15	10.4		15	24.3		15	40		135	
San Fernando . . . . .	10200	15	00.9		15	11.1					15	41.6		144	Dans l'original V <sub>2</sub> est B.
Ponta Delgada . . . . .	10200	15	01.4											78	
Perth (Australie) . . . . .	10400				15	11.0					15	46.5		132	
Wellington . . . . .	10600				15	14.8		15	45.0		16	05.9—09.8		148	
Porto Rico . . . . .	11300	15	03.3		15	18.2		15	33.1		15	44.7—46.4		117	„Typical E. Q.“
Quito . . . . .	12400	15	04								15	54—16	07	63	
Mauritius . . . . .	12700				15	12.5		15	46.0		15	54.5		143	Dans l'original V <sub>2</sub> est V <sub>1</sub> .
Le Cap . . . . .	16300	15	05.0					16	06.0		16	23.0		126	

**N° 6. 25 juin 1904.**

Tokio . . . . .	2500	21	01.1							21	05.6		210		
Irkoutsk . . . . .	3700	21	07.0								21	22.5—40.0		178	
Sitka . . . . .	4200	21	09.2		21	15.3		21	22					51	
Honolulu . . . . .	5100	21	08.8		21	15.4					21	27.8		234	
Victoria . . . . .	5500	21	09.2					21	18.8		21	30.2		174	
Manille . . . . .	5500	21	09	40							(21	19	32)	38	
Tachkent . . . . .	6600	21	10.2		21	14	5				21	33.5			
Calcutta . . . . .	6900	21	11.6					21	36.0		21	38.0		169	
Jouriev . . . . .	7100	21	11	08	21	19	42	21	32	11					
Chemakha . . . . .	7700	21	11	43	21	20	55	21	39	43	21	45.8—48.4		144	
Tiflis . . . . .	7900	21	11	55	21	20	59	21	40	48	21	43.8—50.2		159	
Akhalkalaki . . . . .	7900	21	11	45	21	21	09	21	40	43	21	44.5—48.5		119	
Borjom . . . . .	8000	21	11	47	21	21	03	21	40	47	21	49.7—50.6		89	
Edimbourg . . . . .	8000	21	12.5		21	22.0					21	44.5		198	
Paisley . . . . .	8100				21	20		21	36		21	48.5			Dans l'original V <sub>2</sub> est B.

Station	Distance de Pé- tropawl.	V <sub>1</sub>			V <sub>2</sub>			B			Max.			Durée m	Remarques
		h	m	s	h	m	s	h	m	s	h	m	m		
Toronto . . . . .	8100	21	15.2					21	36.5			21	52.2	148	
Batoum . . . . .	8100	21	12 03	21	21 35			21	41 17			21	49.2—50.4	89	
Potsdam . . . . .	8100	21	12 16	21	21 37							21	39.5—49.9		
Hambourg . . . . .	8100	21	12 15	21	21 39							21	46 14		
Leipzig . . . . .	8200	21	12 05	21	21 37			21	37 30					134	
Goettingen . . . . .	8200	21	12 02	21	21 27			21	31.7			21	33.2—47.0	268	
Madras . . . . .	8200				21 22.1							21	51.3	108	
Bombay . . . . .	8200	21	13.0					21	41.4			21	50.4	148	
Batavia . . . . .	8300	21	10 31	21	20 08			21	47 18			21	54 43	79	
Budapest . . . . .	8400				21 25			21	29			21	40 20 <sup>s</sup> —48 <sup>s</sup>	65	
O'Gyalla . . . . .	8400	(21	02 13)					21	27 40			21	40 01 —14	122	
Kew . . . . .	8500				21 19.2							21	50.3	157	
Strasbourg . . . . .	8700	21	12 25	21	21 19			21	39 09			21	49.0—51.0	288	
Laibach . . . . .	8700	21	11 30									21	48	46	
Baltimore . . . . .	8700							21	38.0			22	07.0		} „Times very inaccurate“. } Dans l'original B est V <sub>1</sub> .
Washington . . . . .	8700	21	12 31					21	44 59			21	50.6—53.4	77	
Fiume . . . . .	8800							21	37			21	37	16	
Pola . . . . .	8800	21	12 50					21	38 26			21	43.2—45.9	46	
Padoue . . . . .	8900	21	12 37	21	21 51			21	36			21	46 16	70	
Florence (Xim.) . . . . .	9100	21	12 42	21	22 52			21	34 35			21	42 — 50	62	
Florence (Quarto) . . . . .	9100	21	12 45	21	22 57			21	33 38			21	43.8—56.5	67	
Beyrouth . . . . .	9100	21	13.2	21	23.2							21	58.2		Dans l'original V <sub>2</sub> est B.
Rocca di Papa . . . . .	9200	21	12 52	21	22 45			21	37 17			21	46.4—54.7	232	
Ischia . . . . .	9300	21	13 12	21	23 30			21	40			21	54	87	
Catania . . . . .	9600	21	13 09					21	39 43			21	55 29	57	
Caire . . . . .	9700				21 24			21	44.5			22	00.0	134	
Coïmbre . . . . .	9800	21	14.4	21	25.0			21	38.0			21	55.7	125	
Ponta Delgada . . . . .	10200	21	16.0	21	25.8									91	Dans l'original V <sub>2</sub> est le max.
Perth (Austr.) . . . . .	10400			21	24.7			21	31.3			22	44.0	178	
Wellington . . . . .	10600			21	29.8			21	59.7			22	06.5—19.8	162	
Porto Rico . . . . .	11300			21	32.7			21	48.1			21	53.5		
Trinidad . . . . .	12200			(21	36)							22	17	60	
Quito . . . . .	12400	21	20	21	28							22	22	158	
Mauritius . . . . .	12700	21	21.1					22	00.1			22	09.6	140	
Le Cap . . . . .	16300	21	20.0					22	20.0			22	38.0	170	

**N° 9. 26 juin 1904.**

Tokio . . . . .	2500	10	46.8									(10	50.7)	140	
Irkoutsk . . . . .	3700	10	47.0					10	59.1			11	08.9—10.1	199	
Honolulu . . . . .	5100	10	48.0	10	54.6			10	58.0			11	08.5	96	
Victoria . . . . .	5500			10	55.5							11	16.3	73	
Tachkent . . . . .	6600	10	51.0	10	59.2			11	11.5			11	18.1		
Calcutta . . . . .	6900			10	59.4			11	16.7			11	17.7	62	
Jouriev . . . . .	7100			11	03 59			11	12 09			11	15.3—18.1		
Chemakha . . . . .	7700							11	18 49			11	28.7—29 3	67	

Station	Distance de Pé- tropawl.	V <sub>1</sub>			V <sub>2</sub>			B			Max.			Durée m	Remarques
		h	m	s	h	m	s	h	m	s	h	m	m		
Tiflis . . . . .	7900	10	51.9		11	01.2		11	19	11	11	28.9—31.7	99	{ „Very small“. Dans l'original V <sub>2</sub> est V <sub>1</sub> .	
Akhalkalaki . . . . .	7900							11	19	15	11	22.6—29.2			
Borjom . . . . .	8000							11	19	20	11	29.3—30.5	32		
Edimbourg . . . . .	8000				11	02.0					11	33.0	90		
Nikolaiew . . . . .	8000	10	50.9		11	00.6					11	28.8	157		
Paisley . . . . .	8100				(11	16)		(11	27)		11	28.5	73		
Toronto . . . . .	8100				11	02.0							6		
Batoum . . . . .	8100							11	19	31	11	27.8—30.0	41		
Potsdam . . . . .	8100	10	52 03		11	01 37		11	16		11	19.3—39.2	195		
Hambourg . . . . .	8100	10	52 19		11	01 54					11	23.7—30.7	188		
Leipzig . . . . .	8200							11	15	30			52		
Goettingen . . . . .	8200	10	52 05		11	01 35		11	20.2		11	29.7	113		
Madras . . . . .	8200							11	25.2		11	34.3	38		
Bombay . . . . .	8200							11	20.1		11	22.5	32		
Batavia . . . . .	8300				11	00 19					(11	03.1)	5		
Bidston . . . . .	8300				11	01.2					11	19.5	49		
Budapest . . . . .	8400				(11	11)							18		
O'Gyalla . . . . .	8400				(11	11 10)							17		
Kew . . . . .	8500							11	17.8		11	29.8	45		
Shide . . . . .	8600	10	52.9		11	00.6					11	24.4—35.8	84		
Strasbourg . . . . .	8700	10	52.0		11	02 25		11	23		11	25 — 37	158		
Baltimore . . . . .	8700							11	29.0				28		
Padoue . . . . .	8900	10	52 49		11	02 40		11	23 45				87		
Beyrouth . . . . .	9100							11	19.2		11	42.2	36		
Florence (Quarto) . . . . .	9100	10	52 59		11	01 23		11	24 56				132		
Rocca di Papa . . . . .	9200	10	52 50		(11	05 48)		11	23 32		11	24.4—30.1	62		
Ischia . . . . .	9300	10	53 07					11	30		11	36	49		
Caïre . . . . .	9700										11	37 — 55	18		
San Fernando . . . . .	10200				11	04.3		11	23.8		11	35.8—40.3	63		
Porto Rico . . . . .	11300							11	28.7				28		
Trinidad . . . . .	12200				(11	16)							32		
Le Cap . . . . .	16300							11	58.0		12	22.0	38		

N° 15. 27 juin 1904.

Tokio . . . . .	2500	0	16.1							0	22.4		180	{ Au commencement peut- être un autre tremblem. B correspondrait à V <sub>2</sub> .
Irkoutsk . . . . .	3700	0	15.9	0	23.0		0	28.8		0	32.4—45.0		225 ?	
Zi-ka-wei . . . . .	3900	0	16 20				0	27 20		0	32 50		104	
Sitka . . . . .	4200				0	23.5		0	31.0				30	
Honolulu . . . . .	5100	0	09.8	0	14.6		0	23.1		0	37.4		230	
Victoria . . . . .	5500	0	18.1	0	24.8					0	33.2		174	
Manille . . . . .	5500	0	09 20							(0	29 22)		222	

Le commencement corre-  
spond peut- être à un autre  
tremblement. Voir Honolulu.

Station	Distance de Pé- tropawl.	V <sub>1</sub>			V <sub>2</sub>			B			Max.			Durée m	Remarques
		h	m	s	h	m	s	h	m	s	h	m	m		
Tachkent . . . .	6600	0	18	9	0	23	0								
Calcutta . . . .	6900	0	19	0				0	41	3	0	45	4	63	
Jouriev . . . .	7100	0	19	49	0	28	38	0	39	13	0	44	46		
Chemakha . . . .	7700	0	20	12	0	29	31	0	48	43	0	51.6—57.0	141		
Tiflis . . . .	7900	0	20	3	0	29	51	0	48	8	0	52.5—1 01.9	191		
Akhalkalaki . . . .	7900	0	20	45	0	30	29	0	49	41	0	53.3—1 01.7	90		
Borjom . . . .	8000	0	21	00	0	30	37	0	49	49	0	56.3—1 02.1	90		
Edimbourg . . . .	8000	0	20	0	0	30	5				0	54.3	182		
Nikolaïev . . . .	8000										0	56.1		} Commencement obscuri par les tremblements précédents.	
Paisley . . . .	8100				(0	36)		0	53		0	55			
Toronto . . . .	8100	0	21	1				0	45	2	0	52	6	139	
Batoum . . . .	8100	0	21	09	0	30	56	0	49	38	1	02.2—04.2	75		
Potsdam . . . .	8100	0	20	33	0	29	53	0	36	04	0	49.3—58.4	240		
Hambourg . . . .	8100	0	20	45	0	29	48				0	56.1—56.7	220		
Leipzig . . . .	8200	0	20	34	0	29	58	0	40	51			116		
Goettingen . . . .	8200	0	21	33	0	30	54	0	46		0	55.8	188		
Madras . . . .	8200				0	30	8	0	32	3	1	10.3	89		„Thickening of line“.
Bombay . . . .	8200				0	31	6	0	51	8	1	00.8	85		} La division en phases ne semble pas juste.
Batavia . . . .	8300	0	19	2	0	23	0	0	26	9	0	29.6	147		
Budapest . . . .	8400	(0	09	30)				0	49		(0	43.4—44.3)	77		
O'Gyalla . . . .	8400	0	11					0	40	58	0	43.1—48.1	83		
Kew . . . .	8500	0	21	3							0	58.6	185		
Strasbourg . . . .	8700	0	21	04									219		
Laibach . . . .	8700	0	21	25							1	00	46		
Baltimore . . . .	8700				0	33	5	0	42	5	1	07.5	156		„Times very inaccurate“.
Washington . . . .	8700	0	21	03				0	46	56	0	55	56	64	
Pola . . . .	8800	0	21	39				0	53	45	0	54	53	24	
Padoue . . . .	8900	0	21	13	0	31	06	0	37.4—47.6				89		
Florence (Xim.) . . . .	9100	0	21	10	0	32	00	0	39.0—46.0		0	54.1—1 15.0	159		
Florence (Quarto) . . . .	9100	0	21	26	0	31	12	0	46	24	0	56.2—1 06.9	52		
Florence (Coll. alla Querce)	9100	0	21	30	0	31	30	0	44		0	57—1 08	113		
Beyrouth . . . .	9100	(0	15	4)	0	32	8				1	04.7			
Rocca di Papa . . . .	9200	0	21	25	0	31	53	0	45	35	0	55.5—1 04.2	102		
Ischia . . . .	9300	0	21	40	0	32	30	0	47		1	02	78		
Catania . . . .	9600	0	21	49				0	45	52	0	58.2—1 15.4	58		
Caire . . . .	9700				(0	28	0)				1	08.5	122		
Coïmbre . . . .	9800				0	33	3	0	46	6	1	04.1			Au commenc. forts trembl. pendul.
San Fernando . . . .	10200				0	34	3				1	06.3			Commenc. caché par le trembl. précéd.
Perth . . . .	10400				0	33	9				1	26.7	106		
Wellington . . . .	10600				0	32	5	1	09	4	1	30.5—35.5	159		
Christchurch . . . .	10800				0	32	5				1	31.0—36.1	122		
Porto Rico . . . .	11300	0	27	7	0	42	1	0	57	0	1	06.5—14.2	90		
Quito . . . .	12400	0	28								1	06	76		
Mauritius . . . .	12700	0	28	2				1	11	7	1	38	2	217	
Le Cap . . . .	16300	0	28	0				1	32	0	1	44.0	146		

N° 26. 24 juillet 1904.

Station	Distance de Pé- tropawl.	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	B	Max.	Durée m	Remarques
		h m s	h m s	h m s	h m m		
Irkoutsk . . . . .	3700	10 51 2		11 05.5	11 05.5—11.1	304	
Honolulu . . . . .	5100		10 59.8	11 03.3	11 10.3	74	
Victoria . . . . .	5500		11 00.0			6	
Manille . . . . .	5500	10 53 37			(10 55 04)	34	
Calcutta . . . . .	6900		11 05.7	11 19.9	11 27.0	53	
Jouriev . . . . .	7100	10 54 36	11 08 22	11 15 11	11 21.9—25.3		
Chemakha . . . . .	7700	10 59 44	11 09 36	11 26 08	11 34.0—35.9	81	
Tiflis . . . . .	7900	10 56 04	11 04 57	11 19 57	11 31.6—33.8	110	
Akhalkalaki . . . . .	7900			11 21 05	11 29.1—32.9		
Edimbourg . . . . .	8000			(11 45.0)	11 57.4	44	Dans l'original B est V.
Paisley . . . . .	8100			11 29	11 35	34	Dans l'original B est V.
Toronto . . . . .	8100		11 05.5			66	
Batoum . . . . .	8100		11 06 31	11 20 41	11 29 17	70	
Potsdam . . . . .	8100	10 55 59	11 05 17	(11 13 28)	11 22.2—37.3	180	{ D'après la composante „Wiech.Nord“ B = 11 h 19 m 50 s „(?)“ ce qui est probablement la valeur exacte.
Hambourg . . . . .	8100	10 54 31	10 58 31	11 04 34	11 30.3—38.6	149	{ La division en phases ne semble pas juste.
Leipzig . . . . .	8200	10 56 13	11 05 29	11 20 20		61	
Goettingen . . . . .	8200	10 56 05	11 05 27	11 21	11 25 —29.5	84	
Bombay . . . . .	8200			11 18.2	11 32.3	38	
Batavia . . . . .	8300	10 54 15	11 05.4	11 24.2	11 34.7	60	
Bidston . . . . .	8300		11 06.0	11 15.8	11 36.2	59	
Shide . . . . .	8600	10 57.7			11 32.0	130	{ D'après la compos. C. V <sub>1</sub> = 10 h 34.2 <sup>m</sup> trop tôt; pro- bablement trembl. pendul.
Strasbourg . . . . .	8700	10 56 37		11 24			
Baltimore . . . . .	8700		(11 15.0)		11 35.8	45	
Padoue . . . . .	8900	10 56 50		11 27		53	
Florence (Xim.) . . . . .	9100	10 56 34	11 06 24	11 27 00		78	Peut-être B = 11 15 19.
Beyrouth . . . . .	9100		11 08		11 39	54	
Rocca di Papa . . . . .	9200	(11 02 42)		11 20 09	11 30.6—36.8		
Catania . . . . .	9600	10 57 03	11 06 58	11 29 56		50	
Caire . . . . .	9700			(11 42.5)	11 45	24	{ „Distinct tremor“. Dans l'original B est V.
San Fernando . . . . .	10200		(11 12.4)	11 33.4	11 39.4	118	
Porto Rico . . . . .	11300			11 37.0		26	Dans l'original B est V.

Parmi les différentes méthodes approximatives pour calculer la position de l'épicentre, la première règle de *M. Laska*<sup>1)</sup> est celle qui dans la pratique a donné les meilleurs résultats. Elle donne la relation

$$(1) \dots \dots \dots \Delta = V_2 - V_1 - 1.$$

Ici  $\Delta$  est la distance sphérique en milliers de kilomètres ou „mégamètres“;  $V_1$  et  $V_2$  doivent être exprimés en minutes. Les autres règles de *M. Laska* donnent

$$(2) \dots \dots \dots \Delta = \frac{1}{3} (B - V_1) \text{ d'où } \Delta = \frac{1}{2} (B - V_2 + 1).$$

<sup>1)</sup> *Laska*. Über die Berechnung von Fernbeben. Mitteil. Erdbebenkomm. Wien N.F. No. XIV.

Or on voit en parcourant les tableaux indiqués ci-dessus que les moments B sont assez mal définis. Même de bonnes stations situées l'une près de l'autre présentent pour les valeurs de B des écarts de plusieurs minutes. Malgré le dénominateur 2 ou 3, il reste pour la distance calculée une erreur d'un mégamètre au moins. Au contraire, les moments  $V_1$  et  $V_2$  sont d'ordinaire beaucoup plus nettement définis. Notamment les stations voisines ne donnent d'ordinaire que des écarts d'une ou de deux dizaines de secondes. Toutefois cela comporte déjà une erreur bien grande sur la distance calculée. Car d'après la formule (1)  $0.1^m = 6^s$  équivaut à 100 km. On est donc forcé de ne choisir pour le calcul des distances que des réseaux de stations qui donnent les moments aux secondes près. En outre, il faut qu'on ait plusieurs stations, contenues dans une aire assez peu étendue pour être autorisé d'en prendre la moyenne arithmétique. Il en existe trois réseaux, savoir les stations du Caucase, celles de l'Allemagne et celles de l'Italie. Je donne ici un aperçu des valeurs  $V_2 - V_1$  pour ces stations.

$V_2 - V_1$ .

	N° 1 24 juin	N° 3 25 juin	N° 6 25 juin	N° 9 26 juin	N° 15 27 juin	N° 26 24 juill.
	m s	m s	m s	m s	m s	m s
<b>Caucase</b>						
Chemakha . . .	—	9 22	9 12	—	9 19	9 52
Tiflis . . . . .	—	9 30	9 04	9 18	9 33	8 53
Akhalkalaki . .	—	9 26	9 24	—	9 44	—
Borjom . . . . .	—	9 27	9 16	—	9 37	—
Batoum . . . . .	—	9 28	9 32	—	9 47	—
<b>Allemagne</b>						
Potsdam . . . . .	9 21	9 15	9 21	9 34	9 20	9 18
Hambourg . . . .	9 19	9 28	9 24	9 35	9 03	(4 00)
Leipzig . . . . .	9 33	9 29	9 32	—	9 24	9 16
Goettingen . . .	9 29	9 27	9 25	9 30	9 21	9 22
Strasbourg . . .	10 21	9 43	8 54	10 25	—	—
<b>Italie</b>						
Padoue . . . . .	9 42	9 59	9 14	9 51	9 53	—
Florence . . . . .	9 00	9 37	10 11	8 24	10 18	9 50
Rocca di Papa . .	—	9 17	9 53	(12 58)	10 28	—
Ischia . . . . .	—	10 28	10 18	—	10 50	—

On voit bien qu'on ne saurait baser un calcul un peu exact que sur valeurs obtenues pour les tremblements n<sup>os</sup> 3, 6, 15, tandis que les autres permettent seulement de conclure que leurs épïcêtres se trouvent dans le voisinage des premiers. Ceux-ci fournissent les moyennes suivantes; j'en ai omis Strasbourg, situé un peu loin des autres stations de l'Allemagne.

	N° 3. 25 juin 14.8 <sup>h</sup>	N° 6. 25 juin 21.0 <sup>h</sup>	N° 15. 27 juin 0.2 <sup>h</sup>	Moy.	Δ
<b>Caucase</b>	m s	m s	m s	m s	
( $\varphi = 41^{\circ} 27'$ , $\lambda = 44^{\circ} 23'$ E.Gr.)	9 27	9 18	9 36	9 27	$8.45 \pm 0.08$
<b>Allemagne</b>					
( $\varphi = 51^{\circ} 12'$ , $\lambda = 11^{\circ} 22'$ E.Gr.)	9 25	9 26	9 17	9 23	$8.38 \pm 0.05$
<b>Italie</b>					
( $\varphi = 42^{\circ} 58'$ , $\lambda = 12^{\circ} 23'$ E.Gr.)	9 50	9 54	10 22	10 02	$9.03 \pm 0.17$

En supposant que les trois tremblements de terre sortent du même épicentre, on peut en prendre la moyenne et calculer l'erreur moyenne d'une distance. En y comparant les distances correspondantes du tremblement n° 9 (26 juin 10.7<sup>h</sup>), dont nous ne possédons pas d'indications macrosismiques exactes, on trouvera qu'elles sont à peu près égales aux distances trouvées pour les n° 3, 6, 15. On en conclura donc qu'il sort du même épicentre. Pour ce qui est de la position exacte de cet épicentre, elle ne peut guère être calculée avec une grande précision d'après les distances ci-dessus. Celles-ci donnent malheureusement un triangle très étroit qui s'étend depuis la partie méridionale de l'île de Sakhaline jusqu'à la mer de Behring. Le centre de gravité de ce triangle se trouverait à 200 km vers le NE de la ville de Pétropawlowsk. Comme la force des secousses senties dans cette ville a été très considérable, l'épicentre ne se trouve probablement pas à plus de 100—200 Km. C'est donc pour le moment le degré d'exactitude de nos connaissances. Il semble certain du moins, que les distances entre les stations microsismiques et Pétropawlowsk et les distances entre ces mêmes stations et l'épicentre ne diffèrent pas de plus de 100—200 km.

D'autre part, il est bien facile d'obtenir une approximation de 500 à 1000 km. Il suffit de parcourir la liste des enregistrements donnée ci-dessus, pour prouver que toutes les enregistrements à phases complètes conduisent vers la région de la presqu'île de Kamtchatka.

Les listes des enregistrements communiquées permettent de calculer ou de contrôler au moins la vitesse de propagation des ondes sismiques, déjà très approximativement connues. Parmi les nombreuses valeurs calculées pour la propagation des oscillations terrestres, celles de *M. Benndorf*, citées plus haut sont prouvées être les meilleures. *M. Benndorf* a su trouver des formules du second degré pour les tremblements préliminaires. On pourrait les recalculer à l'aide des moments  $t$  (pour  $V_1$  ou  $V_2$  respectivement) de nos observations d'après la formule

$$t = t_0 + \Delta x + \Delta^2 y$$



et l'on obtiendrait le moment du tremblement à l'épicentre  $t_0$  et les coefficients  $x$  et  $y$ . On formerait ces équations pour toutes les stations et on les résoudrait d'après la méthode des moindres carrés. Mais ce procédé un peu long est inutile, parce que les coefficients de *M. Benndorf* sont déjà très exacts. On s'en apercevra aisément en calculant  $t_0$  d'après les tableaux de *M. Benndorf*. Alors on ne trouvera pas d'écarts systématiques pouvant conduire à une amélioration notable.

J'ai calculé le temps moyen  $t_0$  d'après la plupart des stations, en excluant les stations de Paisley et de Quito qui ne donnent que les minutes entières et encore quelques-unes indiquées ci-dessous sont-elles évidemment incorrectes; j'ai en suite formé les écarts de cette moyenne pour des groupes de cinq stations. En me basant sur les moments  $V_1$  j'obtiens:

No. 3. 25 juin $t_0 = 14^h 46.1^m \pm 0.1^m$		No. 6. 25 juin $t_0 = 21^h 00.7^m \pm 0.1^m$		No. 15. 27 juin $t_0 = 0^h 09.6^m \pm 0.1^m$		Moyenne	
$\Delta$ (mégam.)	$dt_0$	$\Delta$ (mégam.)	$dt_0$	$\Delta$ (mégam.)	$dt_0$	$\Delta$ (még.)	$dt_0$
	m		m		m		m
4.0	+0.6	4.2	-1.4	3.9	+0.6	4.0	-0.1
6.8	-0.2	6.8	+0.2	7.1	-0.4	6.9	-0.1
8.0	-0.1	8.0	0.0	7.9	-0.4	8.0	-0.2
8.1	-0.6	8.2	+0.2	8.1	-0.1	8.1	-0.2
8.7	-0.7	8.6	-0.7	8.4	-0.5	8.4	-0.6
9.6	+0.1	9.1	-0.2	8.8	-0.4	9.2	-0.2
12.7	+1.8	11.8	+1.9	11.8	+1.5	12.1	+1.7
Honolulu, Shide, O'Gyalla, Caïre		Toronto, O'Gyalla, Kew, Trinidad		Honolulu, Manille, Buda- pest, O'Gyalla, Beyrouth		} Stations exclues	

Les stations à moins de 10 mégamètres de distance donnent toujours des écarts négatifs, tandis que les autres, savoir Ponta Delgada, Porto Rico, Mauritius et Le Cap, donnent toujours une heure de retard. *M. Benndorf* a trouvé le même rapport dans les observations qu'il a analysées et il explique ce retard par la sensibilité trop faible des pendules horizontaux. Comme cette explication est très probable, il serait imprudent de déduire une correction du dernier écart positif. L'autre écart un peu grand, savoir  $-0.6^m$  pour la distance 8.4, est causé en grande partie par le fait, que la station de Batavia qui entre dans ce groupe, donne les écarts respectifs:  $-1.9^m$ ,  $-1.7^m$ ,  $-2.0^m$ . Or on ne s'en tiendra pas à une seule station pour en déduire des corrections. Restent donc les écarts constants  $-0.1^m$  à  $-0.2^m$  qui disparaîtraient, si l'on prenait la moyenne en négligeant le dernier groupe.

Le calcul basé sur les moments  $V_2$  donne le même résultat. En divisant les observations en groupes de 4 stations, on obtient:

No. 3. 25 juin $t_0 = 14^h 46.3^m \pm 0.1^m$		No. 6. 25 juin $t_0 = 21^h 00.6^m \pm 0.1^m$		No. 15. 27 juin $t_0 = 0^h 09.6^m \pm 0.1^m$		Moyenne	
$\Delta$ (mégam.)	$dt_0$	$\Delta$ (mégam.)	$dt_0$	$\Delta$ (mégam.)	$dt_0$	$\Delta$ (még.)	$dt_0$
	m		m		m		m
5.0	- 0.6	5.7	- 0.4	5.0	- 0.3	5.2	- 0.4
7.6	0.0	7.9	+ 0.2	7.6	+ 0.2	7.7	+ 0.1
8.1	- 0.5	8.1	+ 0.5	8.0	+ 0.3	8.1	+ 0.1
8.2	- 0.2	8.2	$\pm 0.0$	8.2	- 0.1	8.2	- 0.1
8.3	- 0.5						
8.8	- 0.8	8.6	- 0.4	8.7	+ 0.5	8.8	- 0.2
9.6	+ 0.1	9.2	- 0.1	9.2	+ 0.2	9.4	+ 0.1
11.2	+ 2.3	10.0	+ 0.4	10.5	- 0.8	10.6	+ 0.6
		Trinidad, Porto Rico, Wellington			Honolulu, Batavia, Caïre, Porto Rico	} Stations exclus	

Ici l'écart positif du dernier groupe n'est pas si grand, parce que quelques stations éloignées n'y entrent pas. L'écart négatif un peu grand du premier groupe est causé par la station de Tachkent qui donne les écarts  $- 1.3^m$ ,  $- 4.4^m$ ,  $- 4.4^m$ ; évidemment la division en phases n'a pas été exacte. Sans égard à ces groupes un peu douteux, on obtiendrait des moyennes qui ne diffèrent pas de celles données ci-dessus (correction probable =  $0.0^m$ ).

Les moments  $t_0$  calculés par  $V_1$  et  $V_2$  s'accordent dans les limites de leur erreur moyenne. En prenant la moyenne, après avoir appliqué aux moments d'après  $V_1$  la correction la plus probable de  $- 0.2^m$ , on obtient finalement :

No. 3. 25 juin,  $14^h 46.1^m$ . No. 6. 25 juin,  $21^h 00.6^m$ . No. 15. 27 juin,  $0^h 09.5^m$ .

De même on obtient pour les 3 autres tremblements de terre à l'aide des bonnes stations européennes :

No. 1. 24 juin,  $1^h 04.4^m$ . No. 9. 26 juin,  $10^h 40.5^m$ . No. 26. 24 juillet,  $10^h 44.7^m$ .

Comme l'erreur probable des distances sur lesquelles le calcul est basé n'atteint que 100–200 km, l'erreur des moments donnés ci-dessus ne dépasse guère  $\pm 0.2^m$ .

La discussion de nos observations a donc prouvé qu'en moyenne les formules de *M. Benndorf* sont parfaitement applicables au cas que nous avons considéré. C'est une nouvelle preuve de la valeur de ces formules dans les limites d'exactitude que comportent les observations obtenues jusqu'à nos jours.

Une autre question importante pourrait être résolue en discutant les moments  $V_1$  et  $V_2$ . C'est la question de savoir, si ces moments dépendent de l'azimut de la station par égard à l'épicentre, en d'autres termes, si l'intérieur de la terre est isotrope. Malheureusement, nos observations ne sont pas suffisamment exactes pour nous permettre de donner une réponse rigoureusement exacte à cette question. Les instruments employés aux différentes stations sont d'une sensibilité très différente et outre cela les stations sont trop inégalement réparties. On ne pourrait jamais

se fier à une station isolée. Je suis donc forcé de me borner à quelques exemples. Les moments  $V_1$  fournissent :

	$\Delta$	No. 3		No. 6		No 15.	
		$t_0$ m		$t_0$ m		m	
Irkoutsk	3.7	46.1	} 45.7	55.8	} 58.1	09.8	} 09.4
Tachkent	6.6	45.3		60.4		09.1	
Victoria	5.5	45.9	} 46.1	60.7	} 61.2	09.6	
Manille	5.5	46.3		61.2		—	
Goettingen	8.2			60.5	} 60.4	10.1	} 09.6
Strasbourg	8.7			60.4		09.1	
Washington	8.7			60.5	} 62.2	09.1	} 09.4
Toronto	8.1			63.8		09.7	

Les moments  $V_2$  fournissent :

Madras	8.2	46.8	} 45.8	62.2	} 60.6	09.9	} 10.3
Bombay	8.2	46.2		59.1		10.7	
Batavia	8.3	44.4					
Leipzig	8.2	45.9	} 45.8	60.7	} 60.6	09.1	} 09.6
Goettingen	8.2	45.8		60.6		10.0	

On voit bien que les écarts des stations situées presque au même azimut sont souvent beaucoup plus grands que les écarts pour des azimuts tout à fait différents. Les moyennes indiquées ne diffèrent généralement que de quelques dixièmes de minute. Dans les limites d'exactitude des observations contemporaines, on regarderait donc ces moyennes comme égales. Comme l'erreur de la moyenne de quelques stations ne surpasse guère 1 min. pour un temps de propagation de 10—20 min., on en conclura que la différence de vitesse pour des azimuts différents est inférieure à 5—10<sup>0</sup>%. On est donc autorisé de dire que les inhomogénéités de l'intérieur de la terre, s'il en existent, ne peuvent être démontrées dans l'état actuel de nos connaissances. Une double réfraction appréciable ne semble pas probable pour les ondes des phases préliminaires des tremblements de terre.

Une recherche concernant la propagation des ondes lentes représente beaucoup de difficultés. Les premières ondes lentes ont d'ordinaire une amplitude si faible qu'on ne les découvre qu'à l'aide d'instruments d'un fort agrandissement, comme p. e. le sismomètre de *M. Wiechert*. A l'aide de pareils instruments on les retrouve quelquefois déjà très près du moment  $V_2$ ; souvent il n'existe pas un commencement net de la phase B. En effet, nos observations montrent de grandes différences pour les moments B. Un calcul précis paraît donc inutile et un graphique sera plus approprié. C'est ce que j'ai fait pour les trois grands tremblements n<sup>os</sup> 3, 6, 15. J'ai eu ainsi pour le résultat que la plupart des stations peuvent être divisées en deux groupes. Les unes correspondent à une propagation à peu près constante

avec une vitesse de 1000 km en 5 min. environ; les autres donnent une vitesse plus grande de 1000 km en 4 min. C'est au premier groupe qu'appartiennent les stations du Caucase et les stations les plus éloignées (p. e. Le Cap.); l'autre est représentée par quelques stations de l'Allemagne et de l'Italie. Le premier groupe fournit la vitesse acceptée à l'ordinaire pour les ondes lentes, c'est-à-dire  $3\frac{1}{3}$  km/sec. Le deuxième donne une vitesse beaucoup plus grande, savoir 4.2 km/sec. C'est la moyenne de ces deux vitesses, c'est-à-dire 3.8 km/sec., qui répond à la deuxième règle de *M. Laska*, comme *M. Benndorf* l'a déjà démontré. Il paraît donc, qu'il y a là en vérité deux phases, dont l'une se distingue surtout dans les enregistrements des pendules sans amortissement, tandis que l'autre ne peut être distinguée que par une étude minutieuse des détails des sismogrammes, de sorte que seuls quelques observatoires spéciaux y réussissent. La deuxième règle de *M. Laska* ne paraît qu'une approximation vague, tirée de la moyenne de plusieurs observations d'un caractère différent. Je me suis arrêté un peu longtemps à ces faits qui ne sont établis qu'avec une certaine incertitude, parce que la question des tremblements du Kamtchatka n'est pas la seule. J'ai trouvé le même phénomène pour quelques autres tremblements de terre de l'année 1904 que j'ai étudiés.

La propagation de la phase maximale ne peut être établie avec rigueur à l'aide des pendules sans amortissement qui sont encore les plus répandus. Le maximum apparent de l'enregistrement s'obtiendrait théorétiquement au moment où la période des mouvements du sol coïncide avec celle des oscillations propres du pendule. Pour des pendules de différents systèmes, cela peut arriver à des phases tout à fait différentes. Toute fois on remarque un rapport plus ou moins régulier des chiffres indiqués plus haut. Une représentation graphique ne paraît pas sans intérêt, du moins pour les trois tremblements principaux n<sup>os</sup> 3, 6, 15. La ligne qui passe par les points moyens des maxima semble un peu courbée; la vitesse moyenne est de 2.9 km/sec., c'est-à-dire la vitesse trouvée déjà par *M. Oldham*<sup>1)</sup>.

Le mouvement vrai du sol n'est calculé que pour les stations de Potsdam (un peu approximativement) et de Goettingen. On y trouve les amplitudes maximales suivantes:

	25 juin 14.8 <sup>h</sup>	25 juin 21.0 <sup>h</sup>	27 juin 0.2 <sup>h</sup>	4 avril 10.5 <sup>h</sup>
Potsdam	1700 $\mu$	1945 $\mu$	1200 $\mu$	5000 $\mu$
Goettingen	700	1500	600	> 2000

J'y ai ajouté les chiffres pour le grand tremblement de la Macédoine, parce qu'il est le seul de l'année 1904 qui ait donné des amplitudes plus grandes que celles du Kamtchatka. Tous les autres tremblements de cette année ont eu des amplitudes beaucoup moindres. J'ai aussi calculé les accélérations maximales en milligales. Les voici.

<sup>1)</sup> Br. Assoc. Rep. 1902.

		25 juin 14.8 <sup>h</sup>	25 juin 21.0 <sup>h</sup>	27 juin 02 <sup>h</sup>	4 avril 10.1 <sup>h</sup>	4 avril 10.5 <sup>h</sup>
Potsdam	Comp. E	8.5	5.8	8.3	19.6	15.4
	Comp. N	7.2	7.4	6.2	33.3	30.6
	Résult.	11.1	9.4	10.4	38.6	34.3
Goettingen	Comp. E	1.5	3.0	—	15.6	> 9.7
	Comp. N	3.0	4.5	3.0	15.6	> 9.7
	Résult.	3.4	5.4	> 3.0	22.1	> 13.7

En comparant les accélérations maximales des tremblements du Kamtchatka et de la Macédoine, on trouve qu'à Potsdam les dernières ont été 3—4 fois plus grandes que les premières; à Goettingen elles ont été 4—7 fois plus grandes. Or l'énergie rayonnante se perd en raison inverse des carrés des distances, sans égard à l'extinction probablement considérable des ondes sismiques. Les distances ont été respectivement 8.1 et 1.4 mégamètres pour Potsdam et 8.2 et 1.5 pour Goettingen. Il faudrait trouver pour ces distances une raison de l'unité à 30 ou 33 du rapport des carrés des amplitudes complètes. Les tremblements du Kamtchatka ont donc été au moins 5 ou 10 fois plus forts que les célèbres tremblements de la Macédoine.

Les autres groupes d'enregistrements cités au commencement sont beaucoup plus incomplets que ceux qui viennent d'être examinés. Les ondes faibles des phases préliminaires surtout échappent très souvent aux appareils installés à de grandes distances. La subdivision en deux phases  $V_1$  et  $V_2$  est impossible dans la plupart des cas. Ce n'est que la phase principale B qui est ordinairement enregistrée. On ne trouve quelquefois qu'une indication du maximum observé. Je collationne donc ces observations suivant un spécimen abrégé qui ne contient que le premier moment observé, lorsqu'il peut correspondre à la phase préliminaire (V) et le moment qui peut être considéré comme le commencement de la phase principale (B). Si cette dernière ne peut être établie, je donne à sa place le maximum en caractères gras. Les stations sont classées selon leurs distances de la ville de Pétropawlowsk. Voici les observations. Dans un grand nombre de cas, la durée ne pouvait être indiquée, parce qu'ils se mêlaient à d'autres enregistrements qui suivaient immédiatement.

Date	Station	V	B		Durée	Remarques
			h m	h m		
25 juin N° 2	Irkoutsk	< 2 45			> 94	{ L'autre compos. donne V = 2 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> ce qui est évidemment trop tôt.
	Honolulu	2 41.9	<b>2 50.5</b>		16	
	Jouriev	2 41 50			16	
	Tiflis	(2 59.8)	3 10.0			
	Nikolaïew	(3 02.2)	<b>3 04.0</b> —	<b>11.3</b>		
	Potsdam		2 58 ±		122	
	Hambourg	2 43 40			75	
	Goettingen		3 03		22	
	Bidston		3 06.0		11	
25 juin N° 4	Strasbourg	2 44 30	3 04 00		76	„Small“.
	Beyrouth	(2 59.2)	3 17.4		104	
25 juin N° 5	Irkoutsk	18 57.5	<b>19 10.8</b> —	<b>13.4</b>		Local?
	Tiflis		19 27.8		33	
	Strasbourg		19 33 35		46	
	Rocca di Papa		19 44 10		1/2	
25 juin N° 7	Irkoutsk	20 12.1	<b>20 31.3</b>			V est évidemment V <sub>2</sub> .  V est évidemment V <sub>2</sub> .  Dans l'original B est V.
	Honolulu	20 12.6			12	
	Tachkent	20 23.4	<b>20 30.0</b> —	<b>33.1</b>		
	Calcutta		20 31.9		8	
	Jouriev	20 26 24				
	Tiflis	(20 32 04)	20 35.1		29	
	Potsdam		20 33 ±			
	Bidston		20 37.0			
	Kew		20 41.8		8	
	Shide		20 38.6			
26 juin N° 8	Strasbourg	20 14 00	20 41 40			
	San Fernando		20 48 5			
26 juin N° 10	Irkoutsk	2 03.1	<b>2 06.3</b>		35	V est peut-être V <sub>2</sub> .
	Tiflis		2 26.5			
	Potsdam		2 21 0			
	Strasbourg		2 34 50		30	
26 juin N° 14	Irkoutsk	4 48.7	<b>4 58.4</b> —	<b>5 23.7</b>	165	D'après <i>M. Orloff</i> .
	Tiflis		5 18.0		43	
	Jouriev		(5 41.6)			
	Potsdam		<b>5 16.1</b> —	<b>46.7</b>		
	Strasbourg		5 20 20			
26 juin N° 10	Irkoutsk	16 24.0	<b>16 32.3</b>		100	
	Rocca di Papa		16 42 42			
	Strasbourg		16 56 20		29	
26 juin N° 14	Irkoutsk	23 14.8	<b>23 19.9</b> —	<b>22.4</b>	46	{ D'après l'autre comp. B = 23 <sup>h</sup> 27.9 <sup>m</sup>
	Tachkent	23 21.0	23 31.7			
	Jouriev	23 22 26	<b>23 33.0</b> —	<b>37.2</b>		
	Tiflis		23 41.3		20	
	Nikolaïew		23 38.8			
	Potsdam	23 18 55	23 32.4			
	Bidston		23 48.0			
	Kew		23 46.6		6	
	Shide		23 41.0			
	Strasbourg	(23 40 45)	23 52 05			
	Rocca di Papa	23 32 24	23 50 06			
	San Fernando		23 52.3			

On voit bien que les indications sont trop incomplètes pour en déduire d'une manière exacte la position de l'épicentre. On essaierait de calculer au moyen des vitesses déjà connues et à l'aide des distances de Pétropawlowsk les moments des secousses à l'épicentre. Un accord plus ou moins satisfaisant entre les chiffres obtenus amènerait la conclusion probable que ces enregistrements sont dues à des tremblements dans les environs de Pétropawlowsk. On trouve en moyenne les heures suivantes.

N° 2	N° 4	N° 5	N° 7	N° 8	N° 10	N° 14
25 juin,	25 juin,	25 juin,	26 juin,	26 juin,	26 juin,	26 juin,
2 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup>	18 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup>	20 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup>	1 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup>	4 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>	16 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup>	23 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup>

L'accord est satisfaisant pour le n° 2, mais il est beaucoup plus mauvais pour les autres. Comme les n° 4 et 14 coïncident avec les observations de *M. Kossatcheff*, elles seraient aussi comptées dans le nombre des tremblements du Kamtchatka. Les autres restent douteux, bien que l'arrangement des stations pour le n° 5 prouverait qu'une origine aux environs de la presqu'île de Kamtchatka serait d'une certaine probabilité.

Il est facile de déduire la correction de l'heure des observations macrosismiques à l'aide des moments calculés d'après les enregistrements. On trouve

	24 juin		25 juin				26 juin		24 juill.
<i>M. Kossatcheff</i>	N° I	N° II	N° III	N° IV	N° V	N° VI	N° VII	N° VIII	N° XIII
	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m
	1 17.4	2 40	15 04	15 13	19 04	21 17.6	23 14.7	0 26	10 34
Docum. microsism.	1 04.4	2 32	14 46.1	—	18 50	21 00.6	23 05	0 09.5	10 44.7
Correction	— 13 0 <sup>m</sup>	— 8 <sup>m</sup>	— 18 <sup>m</sup>	—	— 14 <sup>m</sup>	— 17.0 <sup>m</sup>	— 10 <sup>m</sup>	— 16 <sup>m</sup>	+ 11 <sup>m</sup>

On voit que la montre de l'observateur a été en avance de 14 min. environ au mois de juin, et en retard de 11 min. au mois de juillet. L'erreur accidentelle des observations macrosismiques a été de 2 ou 3 min. en moyenne, ce qui est la limite ordinaire d'exactitude pour de semblables observations.

Par égard à l'extension et aux détails des observations microsismiques, on a donc les groupes suivants des tremblements

N°s 3, 6, 15 très étendus, enregistrements très distinctes et claires

N°s 1, 9, 26 étendus, enregistrements distinctes

N°s 2, 4, (5), 14 étendue médiocre, enregistrements faibles.

L'intervalle de temps qui sépare les secousses est plus grand au commencement de la période sismique, puis elle diminue pendant que la force des secousses augmente, mais enfin les secousses deviennent plus faibles et les intervalles augmentent. On pourrait y chercher quelques périodicités. On remarquerait, p. e., que les intervalles qui séparent les secousses n°s 1, 2, 3, 6 sont respectivement

$$25^h 28^m = 6^h 22^m \times 4; 12^h 14^m = 6^h 07^m \times 2, 6^h 15^m$$

tandisque les n°s 6, 9, 15, 26 sont séparés par des intervalles de

$$13^h 39^m, 13^h 29^m, 27 j. 10^h 36^m = 50 \times 13^h 10^m$$

Les trois premiers intervalles sont à peu près multiples de  $6^h 15^m$  ce qui est environ le quart de la journée lunaire ( $24^h 55^m$ ); les trois derniers sont à peu près multiples de  $13^h 2$ . Mais je n'insiste pas sur ces spéculations. Pour que de pareilles recherches aient une valeur scientifique, il faut posséder des documents sûrs concernant la profondeur de l'origine, la force et le caractère des secousses, et ces documents nous manquent.

*Elmar Rosenthal.*