

Tome V

Numéro 3

Mai—Juin 1941

*juin*

COMPTES RENDUS  
DES SÉANCES  
DE  
L'ACADÉMIE DES SCIENCES  
DE ROUMANIE

NUMÉRO CONSACRÉ AUX RECHERCHES SUR LE  
TREMBLEMENT DE TERRE DU 10 NOVEMBRE 1940  
EN ROUMANIE



„CARTEA ROMÂNEASCĂ”, BUCUREȘTI

*Le tremblement de terre du 10 novembre 1940 a parsemé de ruines toute l'étendue du territoire de la Roumanie et jeté le deuil sur son peuple.*

*En échange, envisagé sur le plan scientifique, il a constitué un événement d'une particulière importance.*

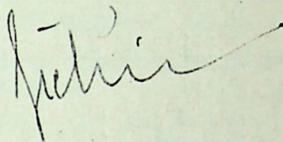
*L'Académie des Sciences de Roumanie a considéré qu'il entraînait dans ses moyens et qu'il était de son devoir d'enregistrer les observations et les recherches faites à ce sujet par des spécialistes de compétence reconnue et appartenant à plusieurs domaines d'investigations. Ces observations furent partagées à notre public dans trois séances organisées par les sections réunies : géologie-géographie, physique et technique, le 25, 26 et le 29 mars 1941.*

*Les notes communiquées dans ces séances sont présentées dans ce numéro des „Comptes rendus des Séances de l'Académie des Sciences de Roumanie”.*

*Réunies de la sorte, elles constituent un matériel documentaire permettant une vue d'ensemble sur le séisme du 10 novembre considéré sur le plan scientifique.*

COMPTES RENDUS DES SÉANCES  
DE  
L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE ROUMANIE

---



## S O M M A I R E

	<u>Pag.</u>
551. Considérations géologiques sur la région épicertrale du tremblement de terre de Roumanie du 10 novembre 3 H. Ho 1940 par Prof. Dr. I. P. Voitești . . . . .	179
552. Etude comparative sur quelques tremblements de terre de Roumanie, du type de celui du 10 novembre 1940 par Prof. Ioan G. Popescu . . . . .	204
553. Remarques sur le tremblement de terre de Roumanie du 10 novembre 1940 par Prof. G. Demetrescu . . . . .	224
554. Considérations géographiques sur le tremblement de terre du 10 novembre 1940 par Dr. N. Al. Rădulescu . . . . .	243
555. Le tremblement de terre du 10 novembre 1940 et les bâtiments par Prof. Ing. Aurel A. Beleş . . . . .	270 ✓

## 551. CONSIDÉRATIONS GÉOLOGIQUES

SUR LA RÉGION ÉPICENTRALE DU TREMBLEMENT DE TERRE  
DE ROUMANIE, DU 10 NOVEMBRE 3H, 40, 1940.

(AVEC UNE CARTE, QUATRE COUPES GÉOLOGIQUES ET UNE ESQUISSE  
TECTONIQUE).

par Prof. Dr. I. P. VOITEȘTI  
de l'Université de Bucarest

### I. Mode de manifestation

C'est depuis le grand tremblement de terre du 14/26 Oct. 1802, lorsque la „Tour de Coltza”, bâtie par les Suédois de Charles XII = XII (3) \*) s'est écroulée, que Bucarest n'a plus souffert autant qu'à l'occasion du dernier tremblement de terre, et c'est depuis le désastreux tremblement de terre du 11/23 Janvier 1838 (1—4), lorsque la „Plaine Roumaine” et spécialement celle du Sud de la Moldavie, furent très fortement ravagées, que la Roumanie n'a pas connu un tremblement de terre de la violence et de l'étendue de celui du 10 Nov. 1940.

En effet, dans la nuit du 10 Nov., vers 3h,40, tous les habitants de Bucarest furent brusquement réveillés par une très puissante secousse verticale, accompagnée de bruits sourds et suivie immédiatement d'oscillations latérales de plus en plus fortes, qui ne durèrent heureusement pas plus d'environ 39 secondes, les dernières ayant été la cause de la plus grande partie des dégâts subis par les bâtiments de la ville.

Comme effets consécutifs à la secousse verticale, les cheminées de presque toutes les maisons couvertes de tuiles, ont été coupées à ras du toit, les balcons en relief et certains bâtiments défectueusement construits, tels que l'immense édifice „Carlton” à 12 étages, etc., se

---

\*) Les chiffres mises entre parenthèses se rapportent à la littérature citée à la fin de cet article.

sont écroulés, mais l'effet le plus manifeste de la secousse verticale furent les brisures horizontales des grands bâtiments au niveau des II-ème et III-ème étages, dues à l'écrasement causé par la rencontre à ce niveau des premiers mouvements sussultaires verticaux et de sens contraire.

Dans d'autres localités, telles que Ploesti (Nord et NE), Câmpina, etc., les grands fourneaux des raffineries de pétrole ont été écrasés et éventrés à un niveau situé entre l'anneau terminal, plus lourd, et le reste du fourneau à parois de plus en plus épaisses et donc à base plus résistante; à Câmpina il est même arrivé que la partie supérieure d'un de ces hauts fourneaux tomba, après l'éventement, dans la cavité intérieure du reste du haut fourneau.

Dans d'autres villes, les effets des premières secousses verticales se trouvent très bien marqués surtout aux tours et voûtes des églises et aux monuments funéraires, etc., et même avec plus d'intensité qu'à Bucarest, comme fut le cas à Mizil, à Buzău, à R.-Sărat, à Focșani, à Mărășești, à Galați, à Berești, à Bârlad, etc., pour ne citer que les villes les plus importantes qui en furent atteintes.

Les dégâts provoqués par les mouvements oscillatoires horizontaux des macroséismes qui en suivirent, ont été non seulement plus nombreux, mais aussi plus désastreux: de nombreuses fentes et crevasses plus ou moins larges se sont ouvertes dans les murs extérieurs et intérieurs, aussi bien que dans les plafonds de toutes les maisons, beaucoup de ces constructions ayant été même mises hors d'utilisation; le renversement plus ou moins complet des murs extérieurs, crevassés et détachés, le renversement de pignons, des balcons, etc.

A Bucarest, la direction principale des oscillations horizontales des macroséismes (entre 7 et 8 degrés) a été SW-NE et S-N, tandis que dans d'autres localités, telles que Panciu (Moldavie), tous les toits et les murs des maisons situées dans la rue principale, ont été lancés et renversés vers le Nord.

En considérant les effets produits par les macroséismes du tremblement de terre du 10 Novembre 1940, dans toute la région atteinte, on constate que dans la Plaine de la Valachie, les oscillations se sont dirigées en général vers le NE, avec une intensité de plus en plus croissante dans la moitié voisine aux Subcarpathes, dont la bordure a été vivement entraînée dans le mouvement, et avec un maximum d'extension et d'intensité dans la Plaine du Sud de la Moldavie.

De plus, dans toutes ces régions, de nombreuses crevasses se sont ouvertes dans les lits et dans les terrasses des rivières (Siret, Buzău

etc.), provoquant ainsi le jaillissement temporaire de sources et la formation de cônes de sable.

C'est, appuyé sur ces constatations, que nous avons considéré (5,6) comme région épacentrale de ce tremblement de terre l'entière Plaine Roumaine et spécialement la Plaine du Sud de la Moldavie, dans laquelle ses effets ont atteint aussi leur maximum d'intensité (entre 9 et 11 degrés).

Car, en effet c'est seulement dans ces régions de plaine qu'on a pu observer les effets de la première secousse sussultoire verticale, très caractéristique pour les régions épacentrales, et c'est toujours dans ces régions de plaine qu'on a ressenti aussi les deux tremblements de terre précurseurs : celui du 22 Oct. et celui du 8 Nov. 1940, de même que les nombreuses secousses en réplique qui les suivirent.

## 2. Région épacentrale et son soubassement

La zone épacentrale du séisme qui coïncide avec la région de la Plaine Roumaine, se trouve limitée, au point de vue géologique, par de puissantes lignes de fractures et de flexures fracturées (voir la carte et les profils ci-joints). A l'Ouest elle est limitée par la ligne de fracture profonde de Braşov-Siştov, au niveau de laquelle le Cristallin des Carpathes Méridionales disparaît brusquement et sur le trajet de laquelle apparaissent, dans le Tertiaire récent, des basaltes à Olivine aussi bien en Transylvanie (Racoş), qu'en Bulgarie (au Sud de Siştov). Au Sud elle est limitée par la flexure fracturée des Prébalkans vers la Plaine de la Valachie dont la partie effondrée (pendant le Tertiaire moyen) sous la plaine, lui constitue un soubassement dénivelé en gradins (de plus en plus) affaissés vers le Nord jusqu'au dessous du bord des Subcarpathes, affaissement qui, en jugeant d'après les sondages effectués dans le „Parcul Carol” à Bucarest, arrêté dans de Sarmatien à 1000 m. de profondeur doit y atteindre à peu près 1200 m. ; tandis qu'il atteint plus de 3000 m. au niveau de la bordure des Subcarpathes, si l'on considère les sondages d'exploration faits à Tinosu au Sud de Ploesti.

A l'Est, c'est la ligne de fracture de la Dobrogea qui la limite, dont le rejet vers la plaine est de plus de 500 m., si l'on considère le sondage de Mărculeşti (22 km. à l'W de Cernavoda), dans lequel le Crétacé de la lèvre soulevée qui affleure à Cernavoda à la cote de +200 m. a été rencontré par ce sondage à une profondeur de plus de 300 m.

Au Nord, la limite de la région épacentrale est plus compliquée. Ainsi, en Valachie, cette limite coïncide avec la bordure des Subcar-

pathes méridionales vers la plaine, bordure, dont les plis en s'enfonçant en relais vers le WSW, sous la plaine, depuis la rivière du Buzău à l'Est, jusqu'à la rivière de la Dâmbovița à l'Ouest, provoquent ainsi un enchevêtrement très compliqué entre les plis bordiers des Subcarpathes et la plaine voisine.

### REGION EPICENTRALE DU TREMBLEMENT DE 10 NOV.1940.

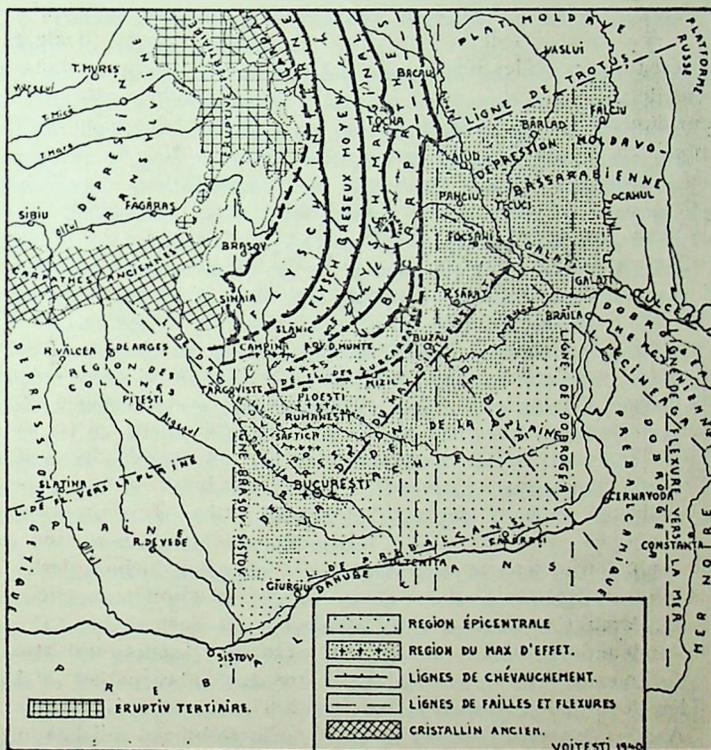


Fig. 1

C'est grâce à cet enchevêtrement que, entre la Dâmbovița et le Buzău, une large zone des Subcarpathes fut vivement entraînée dans le mouvement sismique de la plaine.

A l'Ouest du Buzău, cette limite en se dirigeant vers le Nord,

est plus nettement marquée par la puissante dislocation qui sépare le Méditerranéen des Subcarpathes orientales du Pliocène bordier, redressé (au contact) sur la verticale, ligne qui sur son long parcours présente quelques sauts, en relais, vers l'extérieur, du Sud au Nord, le dernier saut se trouvant au niveau du confluent de Taslăul Mare dans le Trotuş, à Oneşti, juste au niveau de la ligne de faille du Trotuş, laquelle sépare, au Nord, le Plateau plus élevé de la Moldavie, de la Dépression (Plaine) Moldave plus affaissée, limitant en même temps, vers le Nord la région épicertrale.

Cette grande région épicertrale est constituée par des formations miocènes (Sarmatien-Tortonien?), pliocènes et quaternaires, d'épaisseur variable (quelques centaines de mètres dans la Plaine Moldave et entre 1200 m. et 3000 m. entre Bucarest et Ploesti), gisant sur un ancien fondement très différent non seulement comme constitution et structure géologiques, mais aussi comme niveau (voir les coupes).

Ainsi, le sédimentaire miopliocène de la Plaine Moldave, situé entre la faille de Trotuş, au Nord, et la ligne de faille Galaţi-Tulcea qui la sépare au Sud de la Dobrogea septentrionale, est supporté par le tronçon en escaliers le plus méridional et le plus affaissé de la Plateforme Russe, formée en général par du Cristallin archéen-algonkien puissamment plissé et nivelé, recouvert (ou non) par quelques restes de formations mésozoïques (Cenomanien); tandis que dans la moitié méridionale de la Plaine Moldave, le sédimentaire est supporté par le prolongement effondré du „Horst” hercynien, de la Dobrogea du Nord, formée par du Cristallin et du Paléozoïque, fortement plissés et métamorphisés, et par des lambeaux de Triasique, replissés ensemble au temps des mouvements cimmériens.

Ce prolongement hercynien est limité vers le Sud par la ligne „Pecineaga-Camena”, qui le sépare de la Dobrogea Prébalcanique et d'après laquelle la Cristallin à schistes verts de cette dernière, chevauche vers le NE pardessus le Horst hercynien de la Dobrogea du Nord.

Dans la Plaine de la Valachie le soubassement du sédimentaire tertiaire supérieur-quaternaire est en général constitué par le prolongement effondré des Prébalcans et de la Dobrogea Prébalcanique, formé de Cristallin à schistes verts, dont le plissement est probablement d'ordre calédonien et dont la surface nivelée est recouverte par le Mésozoïque moyen et supérieur (Jurassique supér.—Crétacé).

Ce soubassement qui a constitué avec la Dobrogea hercynienne et les Prébalcans une terre ferme pendant le Tertiaire inférieur et moyen, avec le Tortonien supérieur—le Sarmatien inférieur commence son





effondrement qui va en progressant, par gradins, de l'Ouest à l'Est en face de la courbure méridionale, et du Nord au Sud en face des Subcarpathes méridionales, les gradins étant séparés par des failles NS et EW, et coupés obliquement du NW au SE par la faille du Bázau, sur le trajet de laquelle apparaissent au Pliocène supérieur les éruptions d'andésites qui forment le grand massif de Călimani-Gurghiu-Harghita, en Transylvanie.

C'est pour ces raisons que le soubassement de la Plaine de la Valachie présente une structure très compliquée en véritable marquerie, dont les gradins les plus effondrés se trouvent dans le voisinage des Subcarpathes méridionales et de celles de la courbure.

Le comble de complications dans la structure de cette région épicertrale est atteint à la fin du Pliocène supérieur, lorsque la région du Flysch carpathique a subi les effets des plus puissants mouvements tectoniques tertiaires, venant toujours de l'intérieur vers l'extérieur, sous l'empire desquels, aussi bien le Cristallin que les nappes-écailles du Flysch ont été fortement replissées et chevauchées vers l'extérieur, la nappe marginale du Flysch en étant poussée en avant, en traîneau écraseur", pardessus le Miocène des Subcarpathes, chevauchement dont l'amplitude, si elle n'atteint qu'approximativement 2 km. dans les Subcarpathes méridionales, elle dépasse la dizaine de km. dans les Subcarpathes orientales et celles de la courbure méridionale.

Les formations miocènes non atteinte par ce chevauchement, de même que les quelques sinclinaux de Pliocène se trouvant à l'intérieur de la région du Miocène des Subcarpathes méridionales, ont été fortement refoulés en avant, déversés et écrasés en plis-failles très serrés, les plus extérieurs en débordant, par déferlement, par dessus le Pliocène de bordure vers la Plaine, les pressions latérales de ce chevauchement en causant en même temps la sortie en noyaux diapires des massifs de sel et la mise en place des gisements de pétrole.

C'est sous l'empire de ces puissants mouvements tectoniques postpliocènes, que toutes les zones plissées des Carpathes et des Subcarpathes exécutent aussi, un puissant élèvement sur la verticale, qui, sur le bord extérieur de la courbure méridionale des Subcarpathes atteint au moins 1000 m., comme on peut le voir dans Măgura Odobestilor, dont le sommet a la cote 1001 m. est constitué par le Levantin le plus supérieur dont les couches inclinent sous le Quaternaire de la plaine.

Et c'est grâce à cet élèvement général des zones plissée et au déferlement des plis des Subcarpathes pardessus le Pliocène bordier

vers la plaine voisine, et surtout à la surcharge consécutive exercée sur l'avant-pays profond, que la soubassement de la plaine commence un affaissement progressif, plus prononcé dans la Plaine Moldave que dans celle de la Valachie.

Cet affaissement change complètement l'inclinaison méridionale de la surface nivelée en Quaternaire de la plaine, en la dirigeant à partir de ce moment vers le N-E, changement parfaitement mis en évidence par la déviation du cours des rivières carpathiques.

Ainsi, en commençant par la rivière de l'Oltul, dont le cours est très peu dévié vers le SSE, la direction méridionale des autres rivières est de plus en plus déviée : celle de l'Argeș et de la Dâmbovița vers le SE ; celle de la Ialomița vers l'Est, et celles du Buzău et du R.-Sărat s'incurvant même vers le NE, vers le maximum d'affaissement de la Plaine Moldave, sur la ligne de fracture Galați-Tulcea, au niveau de laquelle non seulement le cours du Danube, mais aussi celui du Siret se dirigent vers l'Est.

### 3. Causes principales du tremblement

Il est certain que l'affaissement du soubassement ancien de la plaine, commencé dans le Quaternaire, ne s'est pas toujours effectué graduellement, mais aussi par saccades, chaque saccade correspondant à une rupture brusque d'équilibre entre la résistance élastique potentielle du soubassement et les compressions exercées sur les roches de sa bordure affaissée, par la masse déferlante des Subcarpathes.

Ce sont les ébranlements causés par ces brusques ruptures d'équilibre qui se répercutèrent par des tremblements de terre, plus ou moins forts et plus ou moins étendus, dans les formations tertiaires-quaternaires de la Plaine Roumaine, depuis le Quaternaire récent jusqu'à nos jours.

Une de ces ruptures d'équilibre a eu lieu aussi le 10 Novembre 1940, précédé par les deux craquements précurseurs des 22 Octobre et 8 Novembre, le premier très fortement ressenti (6—7 degrés) dans la Plaine Moldave, pour se déclancher ensuite instantanément, vers 3h,40' dans la matinée du 10 Novembre, sur toute l'étendue de la Plaine Roumaine.

Les formations tertiaires quaternaires de la plaine ont réagi à l'ébranlement séismique du soubassement, conformément à leur constitution géologique et tout spécialement selon les variations d'intensité que les secousses ont eu dans le soubassement hypocentral même,

variations dues, d'une part à de nombreuses lignes de fracture, qui le traversent dans toutes les directions et qui ont joué le rôle d'épicentres secondaires, d'autre part à la grande variété de constitution géologique, de structure et de position tectonique, que présentent ses différents compartiments qui ont pu modifier aussi bien la vitesse que la direction des secousses hypocentrales.

En plus, chacun de ces compartiments hypocentaux a dû réajuster sa position d'équilibre à la nouvelle situation tectonique de l'ensemble, mouvements facilités par le jeu sur la verticale des différentes lignes de fracture et ainsi prirent naissance aussi les très nombreux tremblements en réplique qui suivirent et qui n'ont pas encore cessé complètement.

#### 4. Repercussions dans les régions voisines

A cause de la puissance extraordinaire, par places catastrophale (Plaine Moldave) avec laquelle s'est manifesté le tremblement du 10 Novembre dans toute la plaine épacentrale, il s'est propagé assez fortement aussi dans les autres unités structurales voisines, en contact plus ou moins direct avec elle et avec son soubassement hypocentral. La plus fortement ébranlée des régions voisines, fut la région marginale des Subcarpathes méridionales jusqu'à une ligne qui passerait de l'W à l'E, de Câmpina, sur la Prahova, par Vălenii de Munte, sur le Teleajen et par Pătărlagele sur le Buzău. D'ailleurs le même ébranlement a été ressenti plus au Nord, jusque dans le bassin de Transylvanie, mais là il a été de plus en plus faible. Et, si par endroits, il a causé d'importants dégâts aussi dans les Subcarpathes atteints, c'est à cause du jeu particulier des nombreuses failles anticlinales. de direction à peu près EW qui les morcellent, comme par exemple c'est le cas de la région de Câmpina-Doftana, située entre la faille de l'anticlinal de Pitzigaia-Buștenari, au Sud, et la faille méridionale de l'anticlinal à massifs de sel Poiana-Doftana-Telega, au Nord, qui présentent tous les caractères d'une région épacentrale secondaire très puissante.

A l'Ouest de la faille Brașov-Siștov, l'ébranlement principal s'est propagé au soubassement de Cristallin-Mésozoïque de la Dépression Gétique par des ondulations de plus en plus faibles et de direction NS jusque dans le Banat, à l'exception de la région de la ville de Craiova, située près de la flexure vers la Plaine, où les ondulations ont été plus fortes et ont changé de direction.

Au Sud de la flexure faillée du Danube, son retentissement a dépassé les Balkans, et, vers l'Est de la fracture de Dobrogea, il a atteint assez puissamment tout le territoire dobrogéen.

Au Nord et au NE de la Plaine Moldave, c'est à dire au Nord de la faille du Trotuş, pour la raison que cette plaine fut le siège du plus violent ébranlement épical, et, étant donné que son soubassement ancien est très compliqué non seulement comme structure géologique, mais aussi comme fractures, les unes radiales aux Carpathes, les autres de direction NS, la propagation de l'ébranlement macro-séismique a été très favorisé, ainsi a-t-il été très puissamment ressenti dans toute la Moldavie et la Bessarabie, de même que sur une grande étendue de la Pologne et de la Russie centrale et méridionale, à soubassement podolico-russe.

A l'Ouest de la Plaine Moldave, les Subcarpathes immédiatement voisines et les Carpathes du Flysch ont ressenti assez faiblement (4—5 degrés) l'ébranlement séismique, à l'exception de très peu de localités situées directement sur la ligne de chevauchement du bord externe du Flysch (7), comme si l'intensité des macroséismes avait subi un étouffement l'ayant diminuée de plus de la moitié en passant la fracture du bord externe des Subcarpathes.

### 5. Région hypocentrale

De toutes les observations connues jusqu'à présent, on peut conclure que la région épical de la région épical de terre du 10 Novembre 1940, coïncide avec la Plaine de la Moldavie et celle de la Valachie, avec un maximum d'intensité dans la Plaine de la Moldavie, et c'est dans le soubassement ancien de la Plaine Moldave situé entre la faille du Trotuş et la faille de Galaţi-Tulcea, que doit se trouver son hypocentre principal.

C'est de cette région de soubassement qu'est parti l'ébranlement principal qui s'est propagé instantanément dans le soubassement de toute la région de la plaine épical, et puis, de plus en plus faiblement aux régions voisines, à l'exception des Carpathes et des Subcarpathes immédiatement voisines vers l'Ouest et vers le NW de l'épicentre principal, ou les secousses venues de l'hypocentre ont dû subir un puissant amortissement.

L'intensité extraordinaire que les macroséismes ont eu dans la Plaine Roumaine, est due certainement à la grande étendue de la région

hypocentrale (11) et tout spécialement aux nombreuses zones épacentrales secondaires engendrées par le jeu particulier des différentes fractures du soubassement.

Mais, si tous les géologues et les géographes roumains (5, 6, 7, 8, 9) sont d'accord sur le fait que le tremblement de terre du 10 Novembre 1940 a eu son épïcêtre dans la Plaine Roumaine et que par conséquent il a été de nature pure tectonique, Mr. le Prof. G. Demetrescu (10, 11) croit que l'épïcêtre de ce tremblement doit être placé dans les Mts. de Vrancea, dont la crête principale se trouve à plus de 60 km. à l'Ouest de Focşani, ville sise elle-même sur la bordure occidentale de la Plaine Moldave qui fut l'épïcêtre principal. Mais sur la carte des macroséismes qu'il a publiée récemment (12), les lignes isoséistes s'infléchissent vers l'est de Mts. de Vrancea et donc vers l'extérieur du point indiqué par Mr. Demetrescu comme épïcêtre et dont les coordonnées géographiques seraient 45<sup>o</sup>,8 Lat. Nord et 26<sup>o</sup>,6 Long. E. (Greenw.).

Quant à la profondeur de l'hypocentre, Mr. Demetrescu suivant les calculs et par rapport à cet épïcêtre l'estime se trouver à approximativement 163 km. (10) et par conséquent il considère ce tremblement comme étant d'origine plutonique et non tectonique.

Aussi bien la situation géographique que Mr. Demetrescu donne à son épïcêtre, de même que l'origine plutonique qu'il attribue au tremblement de terre du 10 Novembre, représentent des acceptions si éloignées des faits d'observation sur le terrain, qu'elles ne trouvent leur explication que dans les grandes difficultés qu'on éprouve à enregistrer les séismes trop proches des appareils enregistreurs, ou trop compliqué, tel que fut le tremblement du 10 Novembre.

Une autre explication résiderait dans la complication des calculs même de la profondeur d'un hypocentre, en se basant seulement sur la différence de vitesse de propagation des ondes microséismiques, vitesse d'ailleurs très approximativement connue pour les roches de l'écorce terrestre et dont l'enregistrement est assez souvent très embrouillé par de nombreuses réflexions et de fréquents changements de direction et de vitesse.

Pour nous faire une idée des difficultés que cause cette complication, citons les résultats des calculs faits par les plus éminents sismologues sur la profondeur hypocentrale du même tremblement de terre, d'ailleurs le mieux étudié et donc le mieux connu jusqu'à présent : le tremblement de terre qui eut lieu en Allemagne moyenne le 6 Novembre 1911. (A. Sieberg—op. cit. 15, pag. 344)

B. Galitzin . . . . .	9,5(+3,8) km.
B. Gutenberg . . . . .	15—45 km.
S. Mohorovičić . . . . .	40 km.
A. Mohorovičić . . . . .	45 km.
L. Pilgün . . . . .	100 km.
A. Schmidt . . . . .	133—164 km.

Ces grandes différences nous disent assez, pour nous convaincre qu'un tel calcul ne peut nous renseigner ni approximativement sur la profondeur hypocentrale d'un tremblement de terre, profondeur qui dans le cas du tremblement de terre du 10 Novembre 1940 n'a certainement pas dépassé la dizaine de km.

Mais la plus importante des difficultés que notre „Service Sismologique" a à surmonter, réside dans le fait que tous ces calculs ont à leur base les enregistrements d'une seule station, celle de Bucarest, au lieu d'au moins quatre comme l'a demandé à plusieurs reprises M. Demetrescu et comme le suggère aussi Mr. le Prof. Sieberg, par une lettre datée du 18 Février 1941, dont je lui suis très reconnaissant, et dans laquelle il estime que l'hypocentre de notre tremblement de terre du 10 Nov. doit se trouver dans le triangle Panciu-Focșani-Bârlad, en signalant comme coordonnées géographiques de celui-ci approximativement 27,1 Long. E et 45,9 Lat. N, déduites selon les enregistrements des 3 stations allemandes (Jena, Hamburg, Helgoland).

#### 6. Mode de propagation des macroséismes

En ce que concerne le mode de propagation des macroséismes du tremblement de terre du 10 Novembre 1940, nous avons eu l'occasion de faire quelques constatations (5) qui nous paraissent assez intéressantes pour être relevées.

Ainsi, entre Bucarest et Câmpina les ondulations macroséismiques se sont propagées parallèlement à la bordure (à peu près EW) des Subcarpathes sans pouvoir préciser si elles venaient du Sud ou du Nord. Sur cette distance d'à peu près 100 km., nous avons pu constater une disposition zonale des effets de maximum d'intensité, séparée par des zones de minimum, celles de maximum se trouvant espacées d'approximativement 20—24 km.

Ainsi, en partant de Bucarest, où il y a eu un assez puissant maximum d'intensité (degré 7—8), nous avons constaté un minimum

à Băncasa-Otopeni et un second maximum, de moindre intensité qu'à Bucarest, mais toujours un maximum, dans la région de Săftica, à 20—24 Km. de Bucarest; puis une nouvelle zone de minimum à Țigănești-Potigraful, suivie par une zone d'un très puissant maximum à Puchenii (Nord) — Rumânești, située à 46—48 Km. de Bucarest; un nouveau minimum entre Rumânești et Ploești-Sud, suivi d'un nouveau puissant maximum à Ploești Nord. Entre Ploești et Câmpina, il y a eu un maximum dans la partie orientale de l'anticlinal de Băicoi-Țintea et un autre sur la zone Poiana-Câmpina-Doftana, comprise entre la faille de Pitzigania, au Sud, et celle des massifs de sel au Nord.

Cette disposition zonaire des effets à maximum d'intensité macro-séismique, nous l'avons présumée étant due à deux causes.

Une première cause serait attribuée au fait que les ondes macro-séismiques, ont joué comme ondes stationnaires d'amplitude très faible, mais d'une longueur d'onde d'approximativement 20—24 km, leurs renflements correspondant aux zones de maximum. Une autre cause serait attribuée à l'interférence en phase concordante de ces renflements macroséismiques avec les vibrations microséismiques longitudinales, venues directement du soubassement, en leur agrandissant l'amplitude et par suite les effets.

Mais, en nous approchant de Ploești, et puis, vers le Nord, nous constatons que ces zones de maximum coïncident aussi avec les lignes anticlinales connues, qui, venant des Subcarpathes se perdent dans la direction W 10° à 18°S sous la plaine. Ainsi, la zone de Rumânești se trouve à peu près sur l'axe de l'anticlinal de Tinosul-Brazi, très faiblement marquée sur le terrain et très peu explorée. La zone de Ploești Nord se trouve sur le prolongement axial direct de l'anticlinal de Dealul Mare, et, au Nord de Ploești, les deux autres zones coïncident, l'une avec l'anticlinal de Băicoi-Țintea et l'autre avec celui de Câmpina Doftana-Buștenari, très bien marqués d'ailleurs sur le terrain.

La coïncidence de ces lignes anticlinales avec les zones de maximum de résonance des formations miopliocènes-quaternaires de la plaine sous l'influence des ondes macroséismiques, nous conduit à la conclusion que le mode de comportement ondulatoire des formations miopliocènes, dans ces lignes générales, reste le même, qu'elles se soient trouvées sous l'influence du „stress” tectonique, ou bien sous celle d'un ébranlement séismique, avec la différence que dans le cas du „stress”, les forces dépassant de beaucoup les limites de l'élasticité des sédiments, les ondulations sont restées plastiquement et pour toujours figées dans ces formations sous forme d'anticlinaux et de syn-

clinaux, plus ou moins fortement imprimés ; tandis que dans le cas des ondes macroseismiques dont les forces en jeu n'ont pas dépassé la limite de leur élasticité, dès que les oscillations séismiques ont cessé, les couches des formations ébranlées ont repris leur disposition antérieure, à l'exception de quelques tassements et crevassements de très peu d'importance géologique, provoqués dans les formations quaternaires tout à fait superficielles, dont l'équilibre n'a pas encore été stabilisé par une compaction plus avancée.

J'ai prié Mr. le Prof. I. Atanasiu, qui s'est occupé de l'étude détaillée sur le terrain des effets macroseismiques du tremblement de terre du 10 Novembre 1940, de vérifier pareillement cette constatation dans d'autres régions, étant donné son importance, non seulement au point de vue séismologique général, mais au point de vue pratique des gisements de pétrole, dans le but de découvrir par voie séismique, la position des anticlinaux productifs masqués par les dépôts quaternaires de la plaine.

#### 7. L'influence des lignes de fracture sur la direction de propagation des macroseismes

Une seconde constatation qui me paraît digne d'être signalée, c'est l'influence des lignes de fracture sur la direction de propagation des macroseismes.

Il paraît que les zones macroseismiques dans une région quelconque d'ébranlement, sont dirigées parallèlement au plan des fractures principales qui l'intéressent. Ainsi, dans la Plaine de la Valachie occidentale les macroseismes ont eu leurs zones de maximum et de minimum parallèles à la bordure à peu près EW. des Subcarpathes. Mais vers l'Ouest de la fracture Braşov-Târgovişte-Siştov, elles m'ont fait l'impression d'être dirigées parallèlement au plan NS de cette fracture, à l'exception de la ville de Craiova, située près de la flexure de direction à peu près W-E, qui sépare la région des collines au Nord de celle de la plaine au Sud, là les ondulations macroseismiques m'ont fait l'impression de s'être propagées parallèlement à cette flexure.

Dans la Plaine du Sud de la Moldavie on observe le même phénomène. La ville de Panciu, par exemple, a été détruite par un ébranlement macroseismique de direction N-S, parallèlement au plan de la grande ligne de fracture, qui sépare les formations méditerranéennes des Subcarpathes du Pliocène bordier de la Plaine, et dont l'emplacement se trouve à 23 km. à l'Ouest de Panciu.

Et d'après les informations verbales que Mr. le Prof. I. Atanasiu m'a données et dont je lui suis très reconnaissant, les zones de maximum d'effets macroseismiques, ont la même direction dans la Plaine épacentrale même du Sud de la Moldavie, ou elles paraissent s'être dirigées parallèlement à la fracture NS de la Dobrogea.

Dans la Dobrogea même les zones de maximum d'intensité ont eu une direction parallèle à la grande ligne de fracture Pecineaga-Camena, de direction NW-SE, qui sépare le „Horst" de la Dobrogea nordique de la Dobrogea moyenne et méridionale.

#### 8. Les causes géologiques des tremblements tectonique de la Plaine et celles des bruits qui les accompagnent

Les deux tremblements précurseurs, de même que le tremblement de terre principal du 10 Novembre, ont été accompagnés de bruits ou de grondements sourds, non pas sous la forme de roulements de tonnerre comme pendant le puissant tremblement de terre du Cristallin des Mts. de Făgăraș, en Janvier 1916, mais tout de même assez prononcés pour être entendus et remarqués par tout le monde.

Ces bruits sont dus en général au frottement avec écrasement des roches dures du soubassement épacentral sur le plan des fractures, pendant le jeu d'affaissement brusque des différents compartiments, causé lui-même par une brusque rupture d'équilibre.

Il est très difficile de concevoir un affaissement brusque même de petite envergure dans les profondeurs de n'importe quel soubassement profond, sans admettre en même temps, ou bien l'existence d'espaces vides qui permettent ce affaissement, ce qui est peu possible, ou un enfoncement brusque correspondant à toute l'écorce solide de la région sousjacent, dans la masse intérieure du globe terrestre qui la supporte élastiquement, phénomène qui est d'ailleurs impossible.

Le fait est que, un enfoncement brusque dans la masse interne plastiquement déformable, sous l'action de la gravitation ne peut jamais avoir lieu, si ce n'est que très-très lentement et durant de longues périodes géologiques, comme nous le démontre l'affaissement lent et graduel des régions géosinclinales au fur et à mesure de leur comblement, comme d'ailleurs aussi celui du soubassement de la Plaine Roumaine, qui depuis le Miocène supérieur jusqu'à présent, à peine s'il atteint, dans la région voisine aux Subcarpathes 3000 m. de profondeur, déduction faite par rapport à l'épaisseur des formations mio-pliocènes accumulées là par la sédimentation.

Il est aussi difficile d'admettre l'existence d'espaces vides à une profondeur de quelques km. dans l'écorce terrestre, à cause des énormes pressions qui y règnent sous l'action de la gravitation. Mais si la masse interne du globe ne peut céder que plastiquement et très lentement aux pressions que l'écorce solide exerce sur elle, motif pour lequel elle a été et est toujours considérée comme absolument inactive dans la provocation des tremblements de terre, l'explication des ruptures brusques d'équilibre qui produisent les tremblements de terre de nature tectonique doit être cherchée dans les déformations intimes du soubassement même.

Pour mieux nous rendre compte du phénomène, considérons le soubassement ancien de la Plaine Roumaine épiscopale comme constituant un bloc uni dans l'„avant-pays" général des régions carpatiques plissées : les Carpathes et les Subcarpathes, dont les plis comme nous le savons ont été replissés, écrasés, fracturés et chevauchés les uns sur les autres vers l'extérieur, les plus extérieurs étant lancés par déferlement pardessus la marge voisine de l'avant pays, en exerçant sur cette marge de cette manière une surcharge et une compression latérale puissante et constante.

Chaque fois que la crise principale des mouvements tectoniques orogéniques a pris fin, les zones plissées de l'écorce jusque dans leur fondement de Cristallin, ont été sujettes à des mouvements épirogéniques lents d'élévation sur la verticale, dû à la réaction plastique et lente de la masse interne, fortement comprimée à ce niveau à cause de l'accumulation énorme des roches, par le plissement et par l'empilement des plis déversés, sur un espace très réduit.

En même temps la marge surchargée de l'avant-pays exécute un mouvement épirogénique lent, de sens contraire, d'affaissement graduel, dû à la déformation plastique lente de la masse interne, mouvement maintenu constamment et de même sens, d'une part par la compression latérale toujours croissante exercée sur elle par la zone plissée animée du mouvement d'élévation avec tendance de déferlement vers l'extérieur ; d'autre part, par l'accroissement constant de la surcharge produite par l'accumulation proportionnelle à l'affaissement des sédiments nouveaux déposés dans la nouvelle cuvette géosynclinale en voie de formation.

Ces deux mouvements compensatoires et de sens contraire se continuent avec de petites variations, tant que les roches qui constituent l'avant-pays affaissé, considérées dans leur ensemble, peuvent encore résister élastiquement, ou par des brisures de moindre importance,

aux forces toujours croissantes de la surcharge et de la compression latérale.

Mais dès que les limites de cette résistance sont dépassées, les roches cèdent brusquement sur toute la région affaissée et alors c'est une nouvelle crise orogénique qui se déclanche.

Sous l'empire des forces déclanchées, les roches de l'avant-pays sont alors complètement brisées et écrasées sur les zones de moindre résistance, les zones d'écrasement étant transformées en écailles s'imbriquant, de bas en haut vers l'extérieur, parallèlement au plan de la poussée. Tandis que les sédiments nouveaux qui les couvraient n'ayant pas une surcharge sont plissés, assez fortement près de la bordure interne, de plus en plus faiblement vers l'extérieur, leur plis internes étant toujours fracturés et pour la plus grande part percés par des noyaux diapires appartenant aux masses plus profondes et même aux écailles du soubassement, comme c'est le cas de l'apparition des massifs de sel.

C'est de cette manière qu'a pris naissance le géosynclinal du Flysch, puis les nappes du Flysch, en face des plis mésocrétacés des Carpathes anciennes pendant la crise orogénique de la fin de l'Oligocène.

C'est de la même manière qu'à la bordure extérieure des plis du Flysch et sur une bonne partie des plis de cette bordure naquit, par affaissement au commencement du Miocène, le Géosynclinal des Subcarpathes dont les sédiments accumulés au temps miopliocène furent plissés à la fin du Pliocène supérieur et enfin c'est de la même manière que dans le Quaternaire, à l'extérieur des Subcarpathes méridionales et de la courbure, prit naissance la Dépression géosynclinale de la Plaine Roumaine, qui en commençant le plus récent et le plus réduit comme étendue cycle géologique des régions carpathiques roumaines, se trouve encore de nos jours en voie d'affaissement et de colmatation par sédimentation.

Mais si les deux premières grandes étapes cycliques des régions carpathiques tertiaires : celle du Flysch et celle des Subcarpathes, ont accompli leur évolution avant le Quaternaire, de façon que la Géologie ne peut les reconstituer que dans leurs grands traits ; l'étape quaternaire de la Plaine Roumaine dont l'évolution se continue encore sous nos yeux, peut être étudiée plus en détail.

Ainsi, son étude nous enseigne que l'affaissement de son soubassement ancien ne s'effectue pas toujours d'une manière lente et continue et que les roches moins résistantes de ce soubassement peuvent céder par places brusquement à la compression latérale, en se brisant avec craquement et en provoquant de brusques ruptures d'équi-

libre, propagées ensuite à tous les compartiments voisins et que l'ébranlement causé par ces brusques ruptures se répercute vers l'extérieur dans les formations nouvellement formés, qui forment l'épicentre, par des tremblements de terre, dont la violence est toujours en rapport direct avec les forces déclanchées, dans leur subsassement profonde, l'hypocentre.

De ce court exposé il s'ensuit que les tremblements de terre d'origine tectonique, les plus répandus d'ailleurs, qu'ils fussent continentaux ou marins, ne représentent que des phénomènes précurseurs qui préparent la voie à l'accomplissement du grand phénomène orogénique, par lequel finit toute évolution d'un cycle géologique géosynclinal.

Ils représentent donc le seul élément permanent et palpable par l'homme de l'évolution intime de chaque mouvement de l'écorce terrestre.

On ne peut pas mettre dans la même catégorie les tremblements fortuits qui ont une toute autre origine, comme sont ceux d'origine volcanique, dus à l'explosion violente de gaz par laquelle commence toute éruption volcanique ; ou ceux dus à l'effondrement des cavités souterraines superficielles, dont la violence peut être assez grande mais leur étendue est très limitée.

Il s'ensuit encore de ce court exposé tectonique que la Plaine Roumaine, en général, et tout spécialement celle du Sud de la Moldavie, représente la région la plus labile de la Roumanie, fait d'ailleurs mis admirablement en évidence par la déviation constante des cours d'eau carpathiques, et qu'elle a été pendant le Quaternaire, qu'elle est de nos jours et qu'elle sera encore dans l'avenir, la région la plus sismique de notre pays.

Et comme l'importance de ces conclusions n'échappe à personne, et comme la Plaine Roumaine est la plus riche au point de vue agricole et par conséquent la région la plus peuplée de la Roumanie, l'étude de sa sismicité doit être faite plus sérieusement et par plusieurs stations, réparties de manière à faciliter cette étude.

#### 9. Phénomènes de luminosité

Le tremblement de terre du 10 Novembre a été accompagné de nombreuses manifestation de luminosité observées sur presque tout le territoire roumain. D'après MM. Demetrescu et Petrescu (13) qui ont entrepris une enquête là dessus et qui ont reçu plus de 200 réponses, ces observations se rapportent :

— 52 (26%) à des lumières vues dans l'atmosphère et sur le ciel ;

— 51 (25%) à des phénomènes comparables à des éclairs de foudre (Bucarest et Brasov).

— 8 (4%) à des étincelles (Păltineni et Lopătari Buzău);

— 34 (17%) à des faisceaux lumineux droits ou arqués;

— 18 (9%) à de globes lumineux ou taches lumineuses;

— 31 (16%) à des flammes lumineuses palpitantes (Ploești, Bacău, Roman).

En ce qui concerne la direction de ces manifestations, on a pu préciser pour 7% qu'elles sortaient de la terre en se dirigeant en haut et pour 5% qu'elles descendaient du ciel vers la terre.

En ce qui concerne leur teinte, 21% ont apparu comme étant rouges, 6% jaunes, 2% vertes, 8% bleuâtres et 2% violettes.

On ne peut plus contester aujourd'hui la véracité de l'existence de ces manifestations lumineuses pendant les tremblements de terre, même si leur explication est mal connue.

Dans les montagnes de Făgăraș où je me trouvais à Cumpăna sur l'Argeș 2 jours après la secousse principale du 13 Janvier 1916, et en étudiant vers 3 h. du matin pendant une splendide nuit les trépidations avec roulement de tonnerre qu'on entendait venant de l'Ouest à l'Est, le long de la fracture bordière de la zone du gneiss de Cumpăna, qui se répétaient régulièrement toutes les 3 secondes, les paysans qui m'accompagnaient m'ont attiré l'attention sur un faisceau de lumière jaune qui sortait de la terre dans le prolongement oriental de cette fracture.

J'ai vu moi-même nettement un nuage poussiéreux gris-blanchâtre qui s'est détaché de la terre dans cette direction. On m'a assuré que le phénomène est encore plus remarquable sur la haute crête où il y a une autre fracture importante dans le Cristallin de ces montagnes.

Il est évident que pendant les trépidations sussultaires d'un tremblement et à cause du frottement des roches le long de la surface des fractures mises en jeu, elles peuvent être transformées en poussière fine et par places chauffées jusqu'à leur gazéification brusque, phénomène qui peut très bien expliquer non seulement les bruits sourds, mais aussi beaucoup de phénomènes de luminosité qui accompagnent les tremblements de terre, en admettant aussi que ces gaz peuvent expulser violemment les poussières et que en contact avec l'oxygène de l'air ils peuvent même s'allumer.

Mais les phénomènes lumineux de cette nature ne peuvent pas se manifester à l'extérieur que dans les régions où le plan des fractures

n'est pas recouvert par des formations géologiques récentes et sur des épaisseurs de plus de 1000 m. comme c'est le cas des fractures de la Plaine Roumaine.

D'ailleurs, il est possible aussi, que ces manifestations soient dues aux phénomènes électriques, nés dans le sous-sol même des régions ébranlées par le tremblement, dus à la propriété du quartz, qui entre sous forme de sable avec plus de 50% dans la constitution des roches sédimentaires tertiaires-quadernaires, de s'électriser par pression (piézoélectricité), comme le suggère Mr. le Prof. V. Stanciu (20).

#### 10. Les séismes de Roumanie et les grandes zones séismiques de l'Europe

Considérés en général, les phénomènes séismiques de Roumanie n'appartiennent pas à une région séismique sans rapport aucun avec les grandes zones séismiques du bloc continental eurasien.

D'après ce que nous avons dit dans un chapitre antérieur, les tremblements de terre tectoniques les plus nombreux d'ailleurs, ne représentent que des moments précurseurs qui préparent la voie à une nouvelle crise orogénique d'une région récente de plissements, et que par conséquent, leur fréquence nous témoigne non seulement de l'existence des puissantes et toujours croissantes tensions tectoniques, mais aussi que les phénomènes orogéniques de cette région n'ont pas encore fini leur évolution.

Les régions carpathiques plissées appartiennent au système de plissement alpin qui dans nos régions a commencé par la puissante crise tectonique du Crétacé moyen, lorsque prirent naissance les Carpathes anciennes de Cristallin-Mésozoïque; s'est continué puis, dans le Tertiaire, par la crise de la fin de l'Oligocène, lorsque prirent naissance les Carpathes du Flysch, et par celle de la fin du Pliocène, lorsque prirent naissance les plis des Subcarpathes et des bassins internes, et le phénomène continue encore par l'élévation continuél des zones plissées si clairement évidentié par les nombreuses terrasses des cours d'eau carpathiques.

Considérés dans toute leur étendue les plissements alpins forment deux grands faisceaux de plis: l'un septentrional deversés vers l'avant-pays européen, comme sont les Alpes, les Carpathes, les Balkans et en passant dans l'Asie les Chaînes Pontiques, etc; l'autre méridional dont les plis sont déversés vers l'avant-pays africain, comme sont les Dinarides, avec les Hélénides et en Asie les Taurides, etc. Et

si dans la région alpine proprement dite les deux faisceaux se juxtaposent le long de la grande ligne d'écrasement de „Judikarien” („Dinarische Narbe”), dans la Péninsule Balkanique ils sont largement séparés par d'anciens massifs montagneux, — les „Zwischengebirge” de Kober (22) — comme le Massif de la Macédoine et du Rhodope, le Massif Anatolien, etc.

Et maintenant, si l'on fait abstraction des tremblements de terre d'origine volcanique, qui pour l'évolution de l'écorce solide sont des phénomènes plus ou moins accidentaux, presque tous les tremblements de terre de l'Europe méridionale, de même que ceux de l'Asie méridionale, ont eu dans les dernières 20 années, leurs épencentres situés dans cette région intermédiaire qui sépare les deux faisceaux de plis alpins.

C'est donc dans cette région intermédiaire que grâce au jeu des fractures qui la traversent et plus spécialement à celles principales qui la limitent vers les deux faisceaux de plissements alpins, que l'on a eu et l'on aura encore pour une longue période géologique future l'emplacement des plus nombreux et des plus puissants séismes d'origine tectonique dans l'Eurasie.

La séismicité de cette région a commencé dans le Quaternaire avec l'affaissement et l'envoyage de l'Égée (Mer Égée), comme un retentissement immédiat de la formation de la Méditerranée orientale, lequel s'est répercuté vers le NE, par les Dardanelles et la Mer de Marmara, jusque dans la Mer Noire et dans la Plaine Roumaine.

Cet affaissement se continue encore de nos jours, le long des deux fractures limitantes, aussi bien en Asie qu'en Europe. Dans la Péninsule Balkanique qui nous intéresse de plus près, cet affaissement graduel a lieu sur les fractures du bord Nord de la masse ancienne intermédiaire dans la Plaine de Maritza, depuis la Mer de Marmara, par Adrianople, Philipopole et Sophia, vers le NW, et sur les fractures limitantes du bord méridional, depuis le Golfe de Salonique, vers le NW, le long de la Vallée du Vardar, jusque dans les Alpes méridionales.

Les tremblements causés par l'instabilité de ces deux grandes zones de fractures sont des tremblements en relais dont l'épicentre se meut tout le temps en rapport avec les déséquilibres locaux provoqués par cette instabilité.

Mais si les tremblements de la zone méridionale des fractures ont toujours des répercussions dans les Dinarides et de là, vers le SW, jusqu'à la Mer Adriatique, les tremblements engendrés par l'instabilité de la zone de fractures septentrionales ont des répercussions vers le Nord, non seulement dans les Balkans, mais en rapport avec leur inten-



sité aussi dans les Prébalkans et aussi dans le soubassement prébalcanique de la Plaine Roumaine, jusque dans les Carpathes.

Cette répercussion est toute naturelle si nous envisageons les rapports tectoniques intimes de ces unités structurales de l'écorce.

En effet, les plis des Balkans sont déversés vers le Nord, pardessus les Carpathes et ceux des Carpathes méridionales sont déversés vers le Sud pardessus le fondement prébalcanique effondré sous la Plaine Roumaine, de manière que, aussi bien les Prébalkans que leur moitié effondrée sous la Plaine Roumaine se trouvent fortement serrés entre les Carpathes et les Balkans comme entre les mâchoires d'un gigantesque étau et tenus ainsi sous une énorme pression. Grâce à ces rapports tectoniques toute rupture d'équilibre provoquée dans l'une de ces deux chaînes de montagnes se répercute immédiatement jusque dans l'avant pays de l'autre.

Et c'est pour ces motifs que les tremblements de terre dont l'épicentre se trouve sur la zone de fractures septentrionale de la région intermédiaire, ont eu et auront toujours des répercussions dans la Plaine Roumaine.

En présumant d'une toute autre manière ces rapports tectoniques et les répercussions séismiques qu'ils engendrent vers le Nord, Draghiceanu arrive même à prédire quelques uns des tremblements de terre de Roumanie (21 pag. 20), comme celui du 30 Août 1894 de Bucarest, en liaison avec les séismes de la Mer Égée de cette année et celui de 1916 en rapport à celui qui a fortement ébranlé la Plaine de Maritza en Bulgarie en 1913 et dont les puissantes répercussions se sont ressenties jusque dans les Carpathes méridionales.

La prévision de la propagation latérale des tremblements de terre de ces deux grandes zones séismiques de la Péninsule Balkanique ne constitue pas donc un problème trop difficile, mais la prévision de l'emplacement d'un épicentre et celle de la date exacte de son déclenchement, faits qui constituent d'ailleurs les éléments les plus importants du problème, nous reste toujours interdite.

Ainsi, depuis une vingtaine d'années les épicentres de tous ces tremblements se déplacent toujours le long des deux zones, car la rupture d'équilibre provoquée dans l'un des épicentres, prépare par l'affaiblissement de la résistance causés ainsi dans les points voisins, le déclanchement prochain d'un autre tremblement.

Et, ayant en vue que les Dinarides et les Balkans une fois mises en ébranlement elles causent par cela même l'affaiblissement de l'équilibre existant entre ces chaînes de montagnes et leur avant-pays, il est

tout naturel que tout tremblement de terre plus puissant situé sur ces deux grandes zones de fractures, peut amorcer le déclanchement des tremblements dans les unités voisines, au SW jusque dans l'Adriatique et vers le Nord jusque dans la Plaine Roumaine et même dans les Carpathes.

Bucarest Mars 1941.

#### L I T T E R A T U R E

1. *Urechia V. A.* Cinsloave vechi. Anal. Acad. Rom. II. Tome XVII, București 1894—95.
2. *Schüller Sf. G.* Raport asupra cutremurelor de pământ din anul 1838. Bul. Soc. Geogr. Rom. III. Buc. 1882.
3. *Drăghiceanu Mat. M.* Les tremblements de terre de Roumanie. București 1986.
4. *Ștefănescu Gr.* Cutremurele în România în timp de 1931 ani. Bul. Ac. Rom. II serie, Tome XXIV. Buc. 1901—1902.
5. *Voitești I. P.* Geologia și manifestările seismice din Oct.—Nov. 1940. Rev. „Cele trei Crișuri”. Noembre — Decembrie 1940”.
6. *Voitești I. P.* Geologia și Seismologia etc. Idem Ian.—Febr. 1941.
7. *Rădulescu Al. Nic.* Cercetări în Moldova de Sud asupra cutremurului din 10 Nov. 1940. Rev. Geogr. Rom. An. III. Fasc. 2 și 3. București 1940.
8. *Preda D.* Cutremurul de la 10 Noembrie „Universul” (feuilleton) pe Noembrie 1940.
9. *Atanasiu Ion.* Cutremurele de pământ. „Natura” Nr. 11—12. Decembrie 1940.
10. *Demetrescu G.* În jurul cutremurului dela 10 Noembrie. Publ. Observ. Buc. 1940.
11. *Demetrescu G.* Bullet. séismique. Observ. Buc. 1940.
12. *Demetrescu G. și Petrescu.* Harta macrosismică a cutrem. din 10 Noembrie, Observ. Buc. 1941.
13. *Demetrescu G. și Petrescu.* Fenomene luminoase în timpul cutremurului de la 10 Noembrie 1940. Ziarul „Curentul” Dec. 1940. et le Bulet. Scient. de l'Acad. Roum. T. XXIII. No. 6. Bucarest 1941.
14. *Zoeppritz (et autres).* Ueber Erdbebenwellen. Nachr. d. Kgl. Gesel. der Wiss. Göttingen 1912.
15. *Sieberg A.* Erdbebenkunde. Jena 1923.
16. *Sieberg A.* Beiträge zur erdbebenkundlichen Bautechnik und Bodenmechanik veröffentl. der Reichsanst. f. Erdbebenforsch. Hef. 29. Jena 1937.
17. *Popescu G. Ion.* Consid. sur les tremblements de Roumanie. C. R. Acad. d. Sc. de Roum. T. II, 1. Buc. 1937.
18. *Popescu G. Ion.* Sur le problème de la séismicité en Roumanie. Ibidem. T. II, 2. Buc. 1938.
19. *Popescu G. Ion.* Les recherches sur les tremblements de Roumanie. C. R. Acad. Sc. de Roum. T. IV, 3—4 Buc. 1940.
20. *Stanciu Victor.* Cutremurele de pământ și animalele. Revista „Carpați” Nr. 1. Sibiu 1941.
21. *Drăghiceanu M. M.* L'Eur-Asie tectonique et séismique. Bucarest 1937.
22. *Kober L.* Das alpine Europa. Berlin 1931.

## 552. ÉTUDE COMPARATIVE SUR QUELQUES TREMBLEMENTS DE TERRE DE ROUMANIE, DU TYPE DE CELUI DU 10 NOVEMBRE 1940

par Prof. IOAN G. POPESCU  
de l'Université de Bucarest

Certaines particularités communes au tremblement de terre du 10 Novembre 1940 et à un grand nombre de séismes de Roumanie, dont l'origine est probablement la même, nous permettent de ranger ces séismes dans un classe spéciale, dont les caractères seront exposés dans ce mémoire.

Le séisme du 10 Novembre 1940 a été caractérisé par une aire pléïstoséïstique très grande et par une aire macroséïstique énorme.

En effet, ses secousses se sont fait ressentir vers l'Est dans toute la région S.W. de l'U.S.S.R : à Odessa, Charkow, Poltava, Kiew et jusqu'à Moscou, où il a causé même certains dégâts. Vers le Nord son aire macroséïstique s'est étendue jusqu'à Leningrad ; vers l'Ouest jusqu'au delà du fleuve Tissa et vers le S.W et S, en Yougoslavie, dans toute la Bulgarie et la Thrace, jusqu'à Istambul. (voir carte no. 1).

L'aire macroséïstique de ce séisme a donc dépassé 2 millions de kilomètres carrés.

Comme microséïsmes il a été enregistré dans les observatoires séïsmiques du monde entier, ce qui nous permet de le classer parmi les grands tremblements de terre, surtout si l'on tient compte aussi de son intensité qui a atteint dans la région épïcentrale le X-ème degré de l'échelle internationale (Mercalli-Cancani-Sieberg).

Il a dépassé le VIII-ème degré de cette même échelle presque partout dans une région dont la surface atteint 80.000 km. carrés, et qui s'étend de Jassy jusqu'à Focsani, en Moldavie, et de Focsani jusqu'à la rivière Oltul, en Walachie.

Une vingtaine de villes et quelques centaines de villages ont souffert des dégâts, allant de la production de crevasses dans les murs

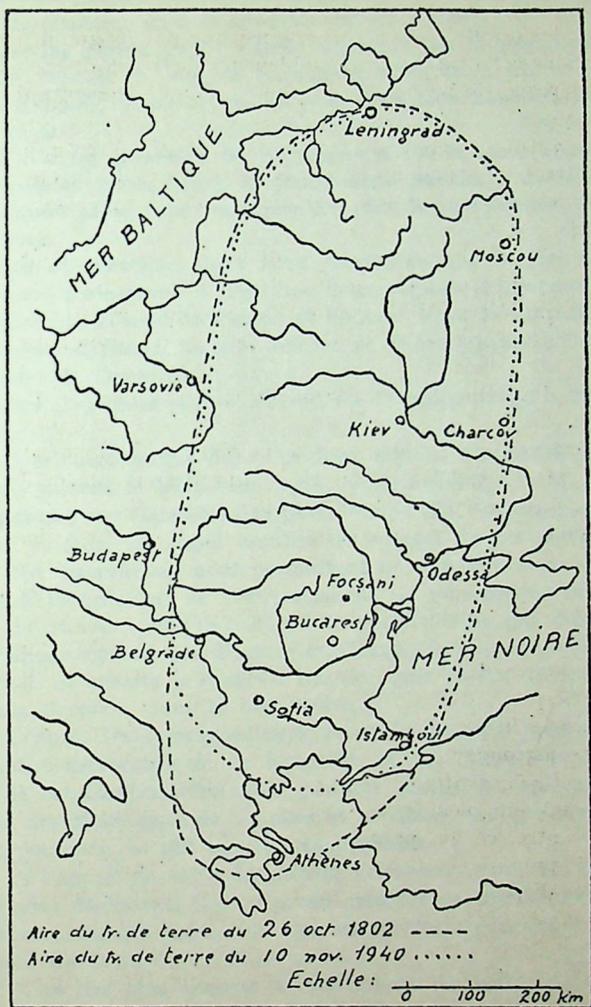


Fig. 1

des maisons jusqu'à la démolition partielle (Focsani, Tecuci, Bârlad), ou totale (Panciu, dans le département de Putna).

Par les dégâts qu'il a causés, ainsi que par le grand nombre des victimes, blessés et tués, le tremblement de terre du 10 Novembre 1940 a dépassé de beaucoup les plus forts tremblements de terre de notre pays.

Un autre caractère de ce séisme a été la force appréciable de ses premières ondes, dont la composante verticale a été assez sensible, suivies presque partout, pendant plus de 30 secondes, de secousses très fortes.

Les observations dont nous disposons sur ce tremblement de terre nous permettent d'identifier deux régions d'intensité maxima: un région qui s'étend de Panciu et Focsani, dans le district de Putna; vers Tecuci et Corod, dans le district de Tecuci; jusqu'à Berești, dans le district de Covurlui.

Une deuxième région s'étend de Câmpina jusqu'à Bucarest, en Walachie.

Il est certain que dans ces deux régions l'intensité du séisme a dépassé partout le VIII-ème degré, s'approchant plutôt du IX-ème, qu'il paraît avoir dépassé à Câmpina, Panciu (X), Focsani, Tecuci, Corod Berești et dans un grand nombre de villages de ces régions.

Ces observations nous permettent de répondre avec assez de certitude à la question de l'emplacement de l'épicentre: cet épicentre a dû se trouver quelque part sur la grande faille qui des montagnes de Vrancea s'étend par Focsani et Galatz, le long du cours inférieur du Siret, et ensuite le long du Danube, par Tulcea et Sulina jusqu'à l'Insula Serpilor, dans la Mer Noire.

D'après les renseignements recueillis jusqu'à présent par l'Observatoire astronomique de Bucarest, M. G. Demetrescu, Vice-directeur de cet Observatoire croit pouvoir placer cet épicentre dans la région des Montagnes de Vrancea et attribuer une grande profondeur à l'hypocentre, ce qui paraît très probable.

A l'appui de cette hypothèse viennent aussi les observations dont nous disposons, sur un grand nombre de tremblements de terre de Roumanie, qui présentent des caractères communs avec le tremblement de terre du 10 Novembre.

L'un des plus anciens tremblements de terre, de ce type, sur lequel nous avons pu trouver des informations, a été ressenti le 8 Novembre 1620, entre 13 h. et 14 h.

Ce tremblement de terre a été assez fort en Pologne et les histo-

riens polonais en font mention dans leurs chroniques. Voici, par exemple, ce qui nous raconte Rzeczyński dans son : *Historia naturalis cur. Regni Poloniae*. (Sandomierz, 1721, p. 425).

„Mne anni 1620, Leopoli, Camenicii, Luceoriae, Halicii, motus lenior, in Walachia horridior, ubi etiam tellus decussatim dimota fuit, indeque scaturigines fluxisse narabantur”.

Il en résulte que ce séisme ressenti à Iemberg, et presque partout, en Podolie, a dû atteindre dans sa région épiscopale le IX-ème degré, du moment qu'il y a provoqué des crevasses dans le sol, d'où il en est sorti de l'eau.

A l'appui de cette conclusion viennent aussi les notes de certains chroniqueurs de Brasov, publiées dans le recueil : *Quellen zur Geschichte der Stadt Cronstadt, in Siebenbürgen*.

Parmi ces notes nous trouvons de nombreux renseignements sur ce tremblement de terre, qui a provoqué des dégâts importants à Brasov, où il a dû atteindre le VIII-ème degré.

L'une de ces notes est particulièrement intéressante, à notre point de vue. (Paul Sutorius, *Quellen...* T. I. p. 40). L'auteur y dit : ... „In der Wallachei aber hat sich im Gebirge an einem gewissem Ort die Erde aufgethan, daraus Wasser gekommen ist, da doch vorher keines gewesen”.

En plein accord avec l'information polonaise, cette note nous confirme, donc, que la région la plus secouée s'est trouvée en Walachie, quelque part dans la montagne.

Ce ne put être que dans les montagnes de Vrancea, car ce ne sont que les tremblements de terre dont l'épicentre se trouve dans cette région, qui se font ressentir si bien à Brasov.

Malheureusement nous ne disposons d'aucun renseignement direct de Walachie ou de Moldavie, au sujet de ce séisme, dont l'aire a été certainement assez grande. En effet, ces secousses doivent avoir été assez sensibles en Pologne ; si sensibles, que les historiens polonais ont cru intéressant d'en faire mention.

Toutes ces considérations viennent à l'appui de l'hypothèse que ce tremblement de terre a ressemblé, à plus d'un point de vue, au tremblement de terre de 1940.

Le 9 Août 1679, vers 3 h. du matin un tremblement de terre assez violent s'est fait ressentir dans la plus grande partie du pays. Des nombreux renseignements que nous possédons sur ce séisme il ressort que dans la région Sud de la Moldavie il a provoqué des dégâts importants.

Les chroniqueurs de Brasov nous racontent qu'il y a eu aussi dans cette ville des dégâts, ce qui signifie que ce tremblement, de terre a eu, très probablement, son épïcentre dans la région de la faille Focsani Galatz.

Malheureusement les renseignements directs des autres régions du pays manquent complètement.

Le 12 Juin 1701, vers 1 h. du matin, un autre tremblement de terre assez fort a secoué Brasov. Une note due à Martin Seewaldt (Quellen, T. III, p. 319), dit :

„Noctu inter 11 et 12 Iuni, ingens terrae motus Coronae, tam in Wallachia, Moldavia et Podolia, aedius nonnullorum ruinis torret”.

Il s'agit donc toujours d'un tremblement de terre dont l'aire dépasse les frontières du pays et s'étend au loin vers le N. E. et dont l'intensité a été assez grande, du moment qu'il y a eu des ruines partout.

Quoique nous n'en sachions pas d'avantage, les brèves notes de Brasov nous paraissent suffisantes pour identifier en ce séisme l'un de ceux qui appartiennent à la classe dont nous nous occupons.

Puisqu'il a eu la même aire que les précédents il nous semble que rien ne s'oppose de supposer que son épïcentre s'est trouvé toujours sur la faille Focsani-Galatz.

Le 11 Juin 1738, à 15 h. 30 m., un tremblement de terre qui a atteint à Bucarest le VIII-ème degré, s'est fait ressentir dans presque tout le pays.

Il sera peut-être intéressant de reproduire d'après Ionnescu-Gion, un brève compte-rendu sur ce tremblement de terre. (Ionnescu-Gion : *Istoria oraşului Bucureşti*, p. 349) :

„Le 31 Mai 1738 il y eut à Bucarest à neuf heures et demi de la journée (trois heures et demi de l'après midi) un épouventable tremblement de terre

„L'ancienne cour princière (Curtea domnească) a été alors endommagée pour la première fois et un grand nombre de maisons et d'églises s'effondrèrent. Il y eut miracles divins de partout le pays : aux environs de Buzău la terre s'est ouverte et a jeté de ses profondeurs une espèce de „métal” qui avait la couleur de l'or. Trois femmes furent englouties à Vălenii de Munte, dans une crevasse du sol, qui s'ouvrit tout d'un coup. Pendant plusieurs journées les secousses continuèrent, mais moins fortes. La population était épouvantée. Près de Bucarest la terre se fendit et resta ouverte comme un précipice”.

Ce tremblement de terre a été aussi violent à Jassy : il y a démoli

la vieille tour du Monastère de Golia. Des dégâts importants furent causés aussi dans presque toute la région Sud de Transylvanie. Les notes des chroniqueurs de Braşov en témoignent.

Ce séisme a été ressenti également en Bulgarie.

Il s'agit donc bien d'un séisme du même type que les précédents et que celui de 1940.

En effet son intensité a atteint le VIII-ème degré à Bucarest,

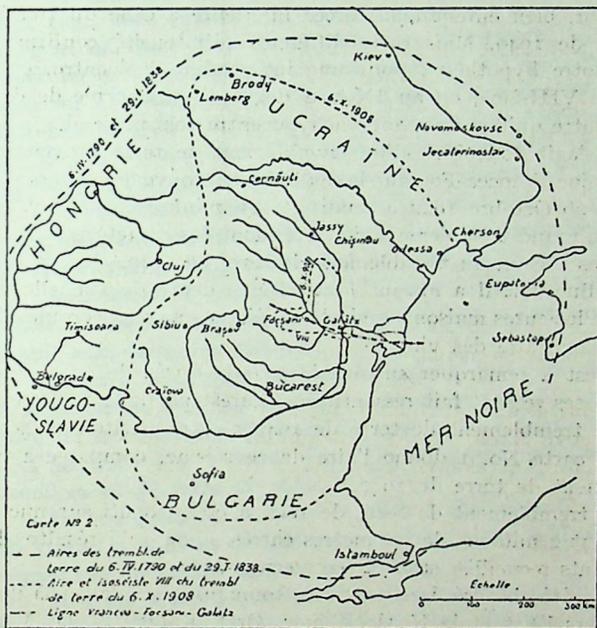


Fig. 2

Braşov et à Jassy, ce qui nous permet de lui supposer une aire pléiostocistique presque aussi grande que celle du tremblement de terre de 1940.

Quant à son épicerentre il ne peut y avoir aucun doute : c'est toujours dans la région de Vrancea-Pocsani qu'il faut le chercher.

Le 6 avril 1790, à 21 h. 29 m. un autre tremblement de terre a secoué toute la Roumanie, ainsi que les pays voisins.

Les renseignements dont nous disposons, sur ce séisme, nous permettent d'en tracer l'aire macroséismique, avec une approximation satisfaisante. (Voir carte No. 2).

Il a été ressenti du fleuve Tissa jusqu'en Crinée; de Kiew, Brody et Lemberg, en Russie et en Pologne, jusqu'à Constantinople, donc sur une surface de plus d'un million de kilomètres carrés.

Son intensité a atteint le VII-ème degré à Bucarest, Braşov et Jassy.

Il a eu donc les caractères des séismes dont nous occupons, sauf, bien entendu, la force, inférieure à celle du tremblement de terre de 1940. Mais cette différence d'intensité confirme encore mieux notre hypothèse: pour une intensité à l'épicentre, correspondante au VIII-ème, ou au IX-ème degré, l'aire énorme de ce séisme nous montre qu'il a du avoir un hypocentre très profond.

Il s'agit donc bien d'un tremblement de terre provenant de la même région Vrancea-Poescani, la seule où l'on trouve des foyers profonds.

Le 26 Octobre 1802 à midi et 55 minutes il y eut en Roumanie un grand tremblement de terre, dont les caractères sont presque identiques à ceux du tremblement de terre de 1940.

A Bucarest il a atteint le VIII-ème degré de l'échelle internationale. Plusieurs maisons et clochers d'églises se sont écroulés, heureusement sans faire des victimes.

Il est à remarquer surtout la grande durée de ce séisme, dont les secousses se sont fait ressentir à Bucarest pendant environ une minute, (le tremblement de terre de 1940 a duré environ 40 secondes).

La carte No. 1 donne l'aire de ce séisme, comparée à celle du tremblement de terre de 1940.

Le tremblement de terre de 1802 a été ressenti sur une surface qui atteint 2 millions de kilomètres carrés, ainsi qu'il résulte des renseignements recueillis, surtout par Perrey.

Il a été observé dans toute la Roumanie jusqu'au delà du fleuve Tissa; vers l'Est et le Nord à Kiew, Orel, Kaluga, Tula, Moscou et Leningrad, à Varsovie et à Lemberg. A Moscou il a atteint très probablement le VI-ème degré, car il y a eu certains dégâts. Vers le Sud il s'est fait ressentir en Yougoslavie, en Bulgarie, en Thrace jusqu'à Constantinople et en Grèce jusqu'à l'île Ithaka.

Son intensité a été presque aussi grande que celle du tremblement de terre de 1940. S'il n'a pas fait des victimes, cela s'explique

1. Perrey: Mémoire sur les tremblements de terre du bassin du Danube. Lyon 1846; Mon. Univ. 6, 14, 17, 18, 20, 21, 24 primaire et 13 nivôse, an. XI Journ. encyclopédique, 14, 18, 19, 21, 23 primaire et 12 nivôse.

par le fait qu'il s'est produit vers midi, tandis que celui de 1940 a sévi en pleine nuit.

Une simple inspection de la carte No. 1 suffit pour nous montrer l'identité parfaite des deux scïsmes. On en conclut que leurs épï-centres ont du se trouver dans la même région de la faille Vrancea-Focsani-Galatz.

Le tremblement de terre de 1802 a été suivi par un certain nombre de répliques, dont on trouve des renseignements dans les notes de Braşov.

On peut donc affirmer que le tremblement de terre du 10 Novembre dernier a reproduit exactement son prédécesseur de 1802.

Le 26 novembre 1829, à 4 h. du matin, un nouveau tremblement de terre assez violent s'est fait ressentir en Roumanie et a causé des dégâts importants à Bucarest dont les maisons étaient encore détériorées à cause des fréquents secousses séismiques qui n'en finissaient plus.

Perrey affirme que ce séisme a été ressenti dans toute la Transsylvanie, dans le Sud de la Pologne, en Ukraine à Kiew et à Jekaterinoslav et vers le Sud en Bulgarie.

Son aire pléïstoséïstique a été elle aussi assez étendue : de Jassy jusqu'à Bucarest, ce qui nous autorise de classer ce séisme dans le type qui nous préoccupe.

Le 29 janvier 1838, à 20 h. 45 m. un autre tremblement de terre, des plus violents, a secoué la Roumanie. Sa force paraît avoir dépassé à Bucarest le VIII-ème degré si l'on juge d'après le grand nombre des maisons et d'églises écroulées. Quelques personnes ont été tuées par ce séisme qui a provoqué des dégats assez importants en Moldavie, en Walachie et en Transylvanie et qui s'est fait ressentir aussi dans les pays environnants : en Ukraine à Odessa, Jekaterinoslav, Sébastopol, Eupatoria, Nowomoskowsk ; en Pologne à Lemberg et Tarnopol, en Bulgarie jusqu'au sud des Balkans ; en Thrace jusqu'à Constantinople et même à Scutari et vers l'Ouest jusqu'en Hongrie. (Voir carte no. 2)

Son aire macroséïsmique concïde parfaitement avec l'aire du tremblement de terre de 1790.

L'épïcentre du tremblement de terre de 1838 s'est trouvé sans aucun doute, aux environs de Focsani, vers l'Ouest de cette ville.

En effet, du rapport dressé par l'ingénieur Gustav Schüller, Conseiller des mines du Grand Duc de Saxe ; ingénieur qui se trouvait par hasard en Walachie et qui avait été prié par le gouvernement

du pays d'étudier la région la plus endommagée, il résulte que ce séisme a atteint son intensité maxima entre les montagnes de Vrancea, Focsani, le Siret et Râmnicul-Sărat. Plusieurs villages de cette région complètement dévastés, ainsi que des nombreuses crevasses du sol, y indiquent une intensité égale au IX-ème degré.

L'étendue de l'aire macroséismique, ainsi que les nombreuses répliques de ce tremblement de terre suffisent pour le classer dans le type dont nous nous occupons.

Jusque vers la fin du 19-ème siècle la Roumanie fut secouée plusieurs fois par des tremblements de terre moins importants sur lesquels nous ne possédons que des renseignements très insuffisants.

A partir de 1892, et jusqu'en 1916, nous avons la chance de trouver des renseignements complets sur tous les tremblements de terre qui se sont produits dans notre pays.

Nous devons ces renseignements au service d'observations macroséismiques organisé par St. Hepites, ancien directeur de l'Institut météorologique de Bucarest.

Hepites avait instruit à cet effet tous les observateurs des stations météorologiques du pays, ainsi que les vérificateurs du service des poids et mesures, siégeant dans les capitales des districts.

Cette organisation a fonctionné d'une façon irréprochable de 1892 jusqu'en 1916 et a rendu des services appréciables à la science séismologique roumaine.

Les renseignements recueillis de cette façon ont été publiés par Hepites soit dans les Annales de l'Institut météorologique de Roumanie (plus tard le Bulletin annuel de l'Institut météorologique), soit, sous le titre de : „Matériaux pour la séismologie de la Roumanie", dans les Annales de l'Académie Roumaine.

Grace à ces publications nous disposons aujourd'hui d'un riche matériel d'observations séismiques, ce qui facilite beaucoup l'étude des tremblements de terre qui se sont produits en Roumanie pendant les 25 années de la période respective.

Les tremblements de terre de cette période n'ont jamais atteint la force de ceux qui viennent d'être mentionnés, mais il y en a néanmoins quelquesuns qui présentent les caractères évidents des séismes du type qui nous intéresse.

Il faut mentionner tout d'abord trois tremblements de terre de 1893.

Le premier s'est produit le 1 mai à 19 h. 2 m.

Son aire macroséismique s'étendait de Huși, Vaslui et Bacău,

en Moldavie, jusqu'au Sud du Danube, en Bulgarie, et vers l'Ouest jusqu'à Craiova, dans la Petite Walachie.

Malgré la grande extension de cette aire, l'intensité de ce séisme n'a dépassé nulle part le V-ème degré.

L'isosciste IV s'étend de Bârlad à Focșani, Buzău (IV—V), jusqu'à Plocești et Bucarest. (Voir la carte No. 3).

La forme des isoscistes ainsi que l'étendue de l'aire, très grande

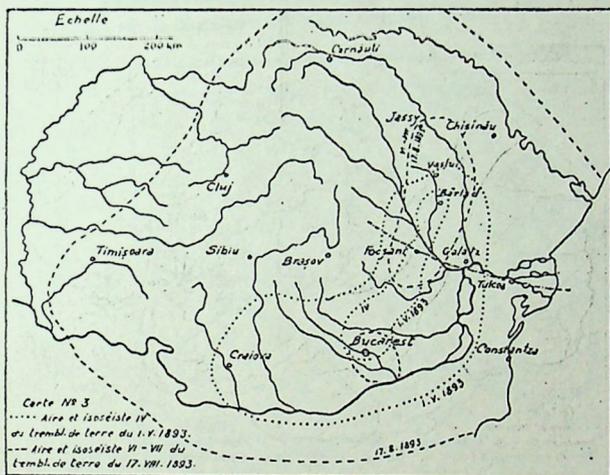


Fig. 3

par rapport à l'intensité, nous autorisent de supposer que l'origine de ce tremblement de terre est à chercher toujours dans la région de Focșani et à une grande profondeur.

Le deuxième séisme de 1893 s'est produit le 17 août, à 16 h. 20 m. Il a été ressenti sur une aire plus grande que celui du 1<sup>er</sup> Mai et son intensité a atteint dans la région de Focșani le VIII-ème degré.

En dehors de la Walachie et de la Moldavie ce tremblement de terre a été ressenti en Bessarabie, dans presque toute la Podolie, dans les régions occidentales de l'Ukraine et en Bulgarie jusqu'au Sud des Balkans.

A Bucarest il a atteint le VI-ème degré et a commencé par une secousse verticale suivie de nombreuses secousses horizontales.

La carte No. 3 en donne l'aire ainsi que la forme de l'isoséiste VI—VII.

Cette carte ainsi que les caractères de ce tremblement de terre nous permettent de le ranger parmi ceux du type dont nous nous occupons.

Le tremblement de terre du 10 Septembre 1893 s'est produit à 5 h. 25 m. du matin. Il s'est fait ressentir dans tout l'ancien Royaume et a atteint l'intensité maxima, VII-ème degré, dans le Sud de la Moldavie, où il a causé certains dégâts. (Carte No. 4).

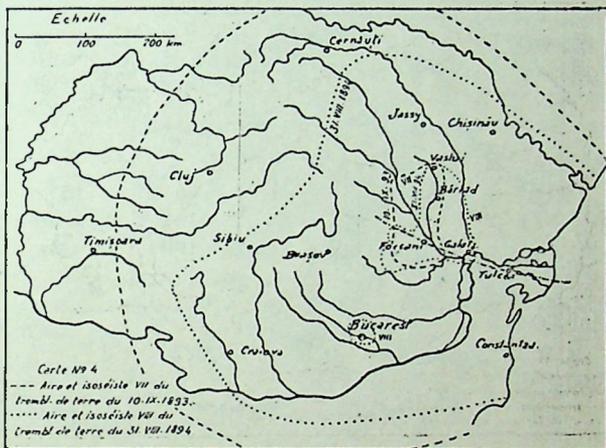


Fig. 4

Ce séisme a été ressenti aussi en Ukraine et en Bulgarie et ses caractères : grande aire macrosismique, aire pléistoséismique assez étendue, justifie sa classification dans le type étudié. Il faut, toutefois, observer que tandis que le tremblement de terre du 17 août a atteint à Bucarest le VI-ème degré, celui du 10 septembre a dépassé à peine le IV-ème degré, ce qui nous fait supposer que la profondeur de son hypocentre a été moins grande.

Il y a à faire encore une remarque au sujet de ces tremblements de terre de 1893.

Il y en a eu deux, presque de même intensité, qui se sent produits à trois semaines d'intervalle, tout comme les deux tremblements de terre de 1940 : celui du 22 octobre et celui du 10 Novembre, mais

tandis que ces derniers ont eu des intensités très grandes et qu'il y a eu encore une réplique le 8 novembre, ceux de 1893 ont été beaucoup moins intenses.

Puisque nous attribuons à tous ces tremblements de terre la même origine il nous faut admettre que l'activité de leur foyer commun est caractérisée par des périodes de paroxysmes, séparées par des intervalles de tranquillité relative.

Parmi les nombreux tremblements de terre de l'année 1894, dont au moins trois ont eu des aires assez grandes, il n'y a que celui du 31 août, qui pourrait s'encadrer dans le type étudié.

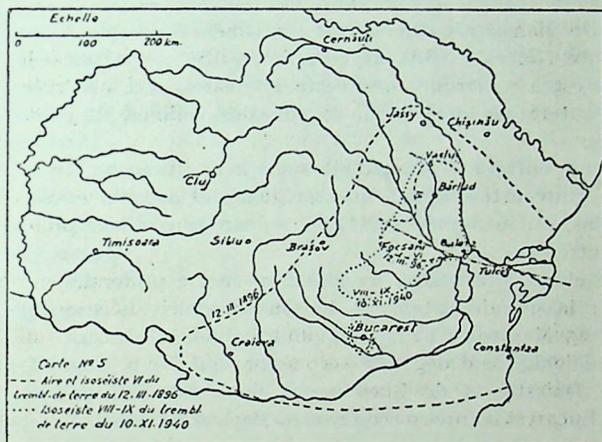


Fig. 5

Ce tremblement de terre s'est produit à 14 h. 20 m. et a atteint le VIII-ème degré à Vaslui, Galatz, Focsani, Buzău et Bucarest. Il s'est fait ressentir dans presque tout le pays, ainsi que dans les régions occidentales de l'Ukraine et dans le Nord de la Bulgarie.

La carte No. 4 en donne l'aire et l'isoséiste VIII. Ces courbes sont remarquablement semblables à celles du séisme de 1940, ce qui nous permet d'attribuer à ces deux tremblements de terre la même origine.

Un autre tremblement de terre dont les caractères, sauf l'intensité, ressemblent étonnamment à ceux du tremblement de terre du 10 novembre 1940, s'est produit le 12 mars 1896 à 1 h. du matin.

Son aire macroséismique s'étend de Jassy jusqu'à Turnu-Severin en couvrant plus de la moitié du pays. (Carte No. 5).

Son intensité maxima occupe toute la région entre Vrancea et Galatz et entre Galatz et Bârlad, mais le séisme y a atteint à peine le VI-ème degré. A Bucarest et à Jassy, ainsi que dans les régions intermédiaires, sa force a atteint le V-ème degré.

Il s'agit donc de nouveau d'un séisme du type qui nous intéresse.

Le 6 Octobre 1908 à 23 h. 42 m. un tremblement de terre assez violent a été ressenti dans toute la Roumanie, ainsi que dans les pays voisins : Ukraine, Pologne, Hongrie, Bulgarie. Son aire comparable à celles des tremblements de terre de 1790 et de 1838, a atteint certainement un million de km. carrés. Son intensité maxima a été observée dans quelques régions des districts de Putna, Covurlui et Tutova, c'est à dire dans les mêmes régions qui ont été les plus éprouvées en 1940 (carte No. 2). A Bucarest sa force n'a pas dépassé le VI-ème degré. Il est à remarquer que cette intensité a été observée sur une bande de terrain, longeant la région des collines, de l'Olt jusqu'en Bucovine.

Il ne peut y avoir des doutes sur la position de l'épicentre, qui a du se trouver toujours dans la région de la faille Focşani-Galatz, où l'intensité a atteint le VIII-ème degré, ni sur la profondeur de l'hypocentre.

En effet, il faut admettre un hypocentre profond, pour pouvoir expliquer la grande extension de son aire pléistoséistrique.

Le 25 Mai 1912, à 20 h. 3 m. un tremblement de terre qui a atteint à Focşani le IX-ème degré, a secoué presque tout le pays : de l'Olt jusqu'au Dniester et de Bucovine jusqu'au Danube.

A Bucarest la force de ce séisme a dépassé à peine le IV-ème degré.

Ce tremblement de terre n'est donc pas du type qui nous intéresse, quoique son épicentre s'eut trouvé, sans aucun doute, à Focşani.

Si j'en fais mention c'est justement pour montrer qu'il faut tenir compte de tous les caractères d'un tremblement de terre si l'on veut le classer dans une catégorie spéciale.

En effet, quoique l'aire macroséismique du tremblement de terre de 1912 a été comparable aux aires des tremblements de terre dont nous nous sommes occupés dans ce mémoire, son aire pléistoséistrique a été très restreinte : elle ne dépasse pas une vingtaine de kilomètres, autour de Focşani.

Son intensité diminue très vite : à Buzău et à Galatz, c'est à dire à 70 km. de l'épicentre elle n'atteint plus que le V-ème degré et à Bucarest, à 160 km. de l'épicentre, le IV-ème degré est à peine atteint.

Il s'agit donc, d'un tremblement de terre dont l'hypocentre est peu profond.

Le 1 Novembre 1929, à 8 h. 58 m. un tremblement de terre assez violent, fut ressenti dans le pays entier, ainsi que dans les pays voisins. L'aire pléistoséististique de ce tremblement de terre s'étendait de Bârlad jusqu'à Bucarest, donc sur une distance qui dépasse 400 km. Presque partout dans cette région on a constaté des dégats qui montrent que le séisme y a atteint le VIII-ème degré.

Malheureusement les renseignements dont nous disposons sur ce séisme sont très incomplets, mais en tout cas d'après ses caractères généraux nous pouvons le classer sans hésitation dans le type étudié.

Il nous faudra mentionner aussi les tremblements de terre du 29 Mars 1934, et du 13 juillet 1938 qui présentent les mêmes caractères.

Il y a enfin les tremblements de terre de 1940.

Le 24 juin, à 11 h. 58 m. (VI-ème degré à Bucarest).

Le 22 Octobre, à 8 h. 37 m. (VII-ème degré, à Bucarest).

Le 8 Novembre, à 14 h. 1 m. (IV-ème degré à Bucarest).

Nous rappèlerons encore les nombreuses répliques qui ont suivi le grand tremblement de terre du 10 novembre 1940.

\* \* \*

Dans ce qui précède nous avons donné la description sommaire d'une vingtaine de tremblements de terre, dont les caractères communs nous permettent d'en définir un type spécial ayant :

1. Une aire pléistoséististique assez grande ;
2. une aire macroséismique très grande ;
3. une durée assez longue ;
4. un début à forte composante verticale ;
5. l'origine située quelque part dans la région occidentale de la faille Vrancea-Focşani-Galatz.

En dehors de ces séismes il y en a encore un grand nombre, dont les caractères correspondent au même type, mais dont l'intensité a été beaucoup moindre.

Nous n'en avons pas donné la description, parceque nous pensons que ceux qui viennent d'être mentionnés sont assez caractéristiques au point de vue qui nous intéresse.

Ce type de tremblements de terre provient sans doute d'un foyer dont l'emplacement ne pourra être déterminé que par des recherches suivies pendant des longues années.

Pour le moment nous sommes obligés de nous contenter d'hypothèses fondées sur les données dont nous disposons.

Les observations macroséismiques seules ne peuvent nous servir pour la détermination de la position de l'épicentre, que d'une façon approximative, ce que nous avons déjà fait lorsque nous avons affirmé que les épicentres des tremblements de terre dont il a été question plus haut, ont dû se trouver : *quelque part dans la région occidentale de la faille Focşani-Galatz.*

Mais l'Observatoire de Bucarest dispose d'une documentation microséismique suffisante pour permettre de déterminer avec assez précision la position des épicentres des derniers tremblements de terre de ce type, ressentis en Roumanie, et M. G. Demetrescu, en plein accord avec le Bureau Central International de Séismologie, donne pour ces épicentres la position : 26°6 longitude Est Greenwich et 45°8 latitude Nord, ce qui correspond à une région située dans les Montagnes de Vrancea, environ 40 km. à l'Ouest de Focşani.

Il reste toujours la question de la profondeur du foyer.

Cette question est beaucoup plus difficile à résoudre. Nous nous contenterons pour le moment des conclusions que nous pourrions tirer des observations macroséismiques.

Or l'une des caractéristiques des tremblements de terre du type en discussion c'est la grande étendue de l'aire d'intensité maxima : on trouve, presque dans tous les cas cités, la même intensité de Bârlad jusqu'à Bucarest, donc sur une distance d'environ 300 km.

S'il y a une différence entre l'épicentre et les extrémités de cette aire, cette différence ne dépasse jamais deux degrés de l'échelle internationale.

Dans ces conditions nous sommes en droit de supposer que les foyers de ces tremblements de terre sont très profonds.

Nous croyons pouvoir invoquer à l'appui de cette affirmation, quelques considérations que nous empruntons d'un ouvrage de M. A. Sieberg<sup>1</sup> :

Ces considérations se rapportent à une propagation purement géométrique des ondes d'un séisme.

Supposons que l'énergie délivrée dans le foyer du séisme se propage dans un milieu homogène (ce qui n'est pas le cas de l'écorce terrestre dont la composition est très variée).

Cette énergie se répartira sur des surfaces sphériques, concen-

---

1. Dr. August Sieberg : „Geologische, physikalische und angewandte Erdbebenkunde". Iena. 1923. p. 160.

triques et par conséquent diminuera en raison inverse du carré de la distance.

Supposant que dans un grand tremblement de terre l'accélération maxima dans l'hypocentre est de 10.000 m.m./sec.<sup>2</sup> les accélérations pour les surfaces isoséismiques, correspondantes aux intensités données par l'échelle Mercalli-Cancani-Sieberg, seront aux distances respectives, dans les rapports donnés par le tableau suivant, dans lequel on prend comme unité de distance le rayon de la surface isoséismique correspondante au XI-ème degré.

Intensité	Hypocentre	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	
Accélération		10.000	5.000	2.500	1.000	500	250	100	50	25	10	5	2,5
distance		0	0,6	1	2,25	3,5	5	9	13	19	30	45	65

Appliquons cette règle au tremblement de terre du 10 Novembre 1940.

A Panciu, à 30 km. de l'épicentre, ce tremblement de terre a atteint le X-ème degré.

A Bucarest, à 155 km. de l'épicentre il a eu une intensité comprise entre les degrés VIII et IX.

Remplaçons la surface courbe de la terre par une surface plane, sur un rayon de 200 km. autour de l'épicentre. L'erreur introduite dans notre calcul par cette nouvelle approximation ne dépassera pas l'erreur commise en supposant la croûte terrestre de constitution homogène.

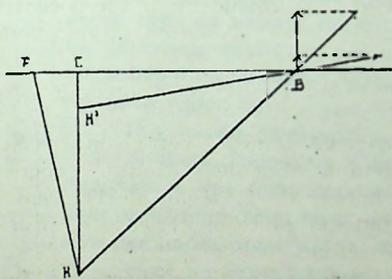


Fig. 6.

Notons par H, l'hypocentre (fig. 6), par E, l'épicentre, par P et B les positions respectives de Panciu et de Bucarest. Désignons par  $x$ , la profondeur EH de l'hypocentre.

Le tableau donné plus haut nous permet d'écrire :

$$(1) \quad \frac{HP}{2,25} = \frac{HB}{4}$$

On a d'autre part :

$$HP = \sqrt{x^2 + 30^2} \quad \text{et}$$

$$HB = \sqrt{x^2 + 155^2} \quad \text{donc :}$$

$$(2) \quad \frac{\sqrt{x^2 + 900}}{2,25} = \frac{\sqrt{x^2 + 24025}}{4}$$

De cette dernière relation on tire :

$$x = 100 \text{ km.}$$

Ce calcul que les hypothèses introduites empêche d'être tout à fait exact, nous donne néanmoins l'ordre de grandeur de la profondeur de l'épicentre.

Nous l'estimons satisfaisant surtout parceque en l'appliquant au tremblement de terre du 25 mai 1912 (IX-ème degré à Focşani-épicentre-et IV-ème degré à Bucarest), nous trouvons pour la profondeur de l'hypocentre de ce séisme :

$$x = 20 \text{ km. environ}$$

donc une profondeur normale.

Par conséquent un tremblement de terre à foyer de profondeur normale présente une différence d'intensité, de 4 à 5 degrés, entre la région épiscopentrale de Focşani et la région de Bucarest.

Pour le tremblement de terre du 10 Novembre 1940, ainsi que pour tous ceux du même type, nous n'en trouvons qu'une différence d'intensité de 1 à 2 degrés, ce qui nous permet de conclure que ces tremblements de terre proviennent de foyers très profonds.

Les données microséismiques seules permettent un calcul exact de cette profondeur.

Certains chercheurs contestent l'existence de ces foyers profonds.

Si nous supposons avec eux que la profondeur de l'hypocentre de ce type de séismes est normale, c'est à dire d'environ 25 km., nous ne pourrions expliquer d'aucune façon la faible différence entre les intensités dans la région épiscopentrale et à des distances jusqu'à 150 km. de cette région.

Il y aurait pourtant un moyen de trancher cette controverse.

Si nous disposions d'un certain nombre de stations séismiques réparties à des distances variées autour de la région de l'épicentre nous pourrions déterminer avec toute la précision, l'heure d'apparition des ondes premières de chaque séisme.

Pour un foyer profond la différence entre les moments de l'im-pétus initial du séisme, à l'épicentre et à une distance de 100 ou 150 km. est très petite, tandis que pour un foyer peu profond cette différence est beaucoup plus grande.

En effet, pour un foyer de 100 km. de profondeur, la différence de chemin entre le foyer et l'épicentre et entre le foyer et un point situé à 100 km. de l'épicentre, est d'environ 40 km., tandis que pour

un foyer de 25 km. de profondeur, cette différence de chemin est d'environ 80 km. Pour une vitesse moyenne des ondes premières, de 8 km. par seconde, les différences de temps dans les deux cas seront de 5 sec. et de 10 sec. respectivement.

Malheureusement la Roumanie ne dispose à présent que d'une seule station microsismique, celle de l'Observatoire astronomique de Bucarest, de façon que cette vérification est impossible.

Une autre indication sur la profondeur de l'hypocentre d'un séisme du type qui nous intéresse, nous est fournie par l'importance de la composante verticale des ondes premières de ces séismes.

En effet le début de chacun de ces séismes est caractérisé par des secousses verticales ressenties jusqu'à des distances qui dépassent 200 km.

Une simple construction géométrique suffit pour nous montrer qu'à 100 km. de l'épicentre de l'un de ces séismes, la composante verticale des premières ondes longitudinales est environ trois fois plus grande pour une profondeur du foyer de 100 km. que pour une profondeur de seulement 25 km. Voir fig. 6.

Par conséquent, puisque les tremblements de terre de ce type commencent par une secousse verticale importante, même à des distances qui dépassent 100 km., ils doivent avoir des hypocentres très profonds.

Une dernière question est celle de l'intensité exceptionnelle atteinte par ce type de séismes, dans certaines régions du pays,

Il est évident que la constitution des couches du sol dans chaque endroit a une influence considérable en ce qui concerne les effets des tremblements de terre.

Si ces couches sont très élastiques, elles se laissent traverser par les ondes séismiques, qui les mettent en vibration, sans en provoquer des déformations permanentes.

Si, au contraire, les couches sont peu élastiques : alluvions, sédiments récents, etc. les déformations, dues aux tremblements de terre, peuvent devenir importantes ; le sol, ainsi que les bâtiments qui s'y trouvent subiront des dégâts appréciables.

Prenons comme exemple le tremblement de terre du 10 novembre dernier.

Son foyer s'est trouvé, ainsi que nous l'avons montré, sur la faille des montagnes de Vrancea.

Or cette faille sépare le bord Sud de la grande plateforme russe, — qui s'étend de Moldavie et Bessarabie vers le Nord jusqu'à la Mer Baltique — de la plaine roumaine.

La plateforme russe, ébranlée par les séismes provenant de la faille en question, se mettra en vibration et l'énergie de ces vibrations sera libérée dans les régions de moindre élasticité, telles le cours inférieur du Siret et du Bârlad.

Le même mécanisme explique la grande intensité atteinte par les tremblements de terre de Vrancea, à Moscou, donc à plus de 1200 km. de l'épicentre.

En effet, nous avons montré que les tremblements de terre de 1802 et de 1940, ont produit dans cette ville des dégâts qui montrent que l'intensité y a atteint le VI-ème degré.

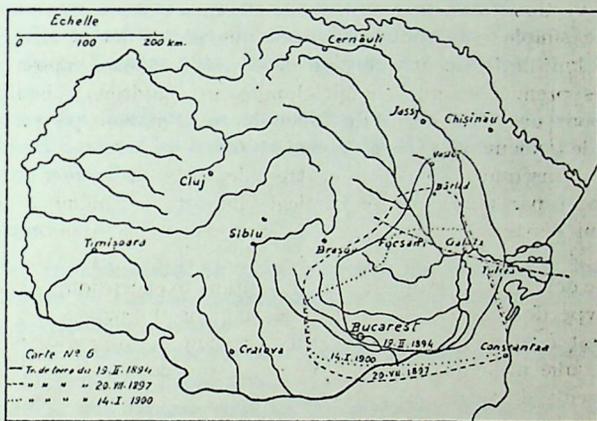


Fig. 7

Vers le Sud les secousses de ces tremblements de terre mettent en mouvement toute la plaine roumaine. Mais il y a, ici aussi, des régions de grande élasticité et d'autres régions dont l'élasticité est plus petite.

Si dans la partie Est de la plaine les effets des tremblements de terre sont d'habitude peu importants, dans la région Ploëşti-Bucarest-Giurgiu ces effets deviennent parfois désastreux.

Cette constatation nous permettra quelques considérations sur la constitution profonde de cette région.

Il est probable que les couches très profondes de la plaine roumaine sont constituées par des roches rigides et très élastiques, for-

mant un bloc continu qui se laisse traverser par les ondes sismiques sans en absorber beaucoup de leur énergie.

Vers le bord occidental de ce bloc, c'est à dire dans la région de Bucarest, l'élasticité diminue, de façon que l'énergie des ondes est absorbée et produit des déformations importantes des couches. C'est ainsi qu'on pourrait expliquer, par exemple, la grande intensité atteinte par le dernier tremblement de terre de 1940 à Câmpina, Ploesti et Bucarest.

Cette constitution particulière du fondement de la plaine roumaine, paraît être confirmée par la forme des isoséistes de quelques tremblements de terre du même type que ceux que nous venons de mentionner dans ce mémoire, mais d'intensité très faible.

Il s'agit des tremblements de terre du 19 février 1894, du 20 juillet 1897 et du 14 Janvier 1900, dont la carte No. 7 donne les aires macroséismiques.

Les formes des isoséistes se ressemblent d'une façon étonnante et elles paraissent dessiner les contours même du bloc rigide sur lequel repose la plaine roumaine.

#### Conclusions.

Parmi les tremblements de terre observés en Roumanie, nous pouvons distinguer un certain nombre dont le type commun présente les caractères particuliers suivants :

1. Une aire pléistoséistique et une aire macroséismique très grandes, par rapport à l'intensité à l'épicentre.
2. Une durée qui dépasse souvent 30 secondes, même dans des endroits dont la distance à l'épicentre dépasse à peine une centaine de kilomètres.
3. Une composante verticale des ondes premières, assez importante, jusqu'à des distances d'environ 200 km.

Ces caractères nous permettent d'affirmer que les foyers de tous ces tremblements de terre sont très profonds.

## 553. REMARQUES SUR LE TREMBLEMENT DE TERRE DE ROUMANIE DU 10 NOVEMBRE 1940

par Prof. G. DEMETRESCU

L'Académie des Sciences m'ayant fait l'honneur de me demander une note sur le tremblement de terre du 10 novembre 1940, je m'excuse de ne pouvoir présenter encore des données complètes. En effet, par suite des lenteurs et difficultés des relations postales internationales, les observations de l'est notamment, les observations faites dans l'U. R. S. S. ne me sont pas encore parvenues. Je me fais d'ailleurs un agréable devoir de dire que ces données ne m'ont jamais fait défaut par le passé. Or, dans l'absence de ces observations de l'est, ne pouvant tirer des conclusions définitives et de toute précision, je dois me contenter de présenter ici quelques généralités.

### *Détermination de l'épicentre.*

La figure 1 représente une carte obtenue par projection conique sur un plan tangent au globe terrestre, supposé sphérique, le centre de projection se trouvant dans le voisinage de l'épicentre. On comprend d'ailleurs facilement que si un premier essai conduit à un épicentre trop éloigné du point de tangence, on n'a qu'à faire une seconde approximation en plaçant cette fois-ci, le point de tangence dans l'épicentre même, donné par la première approximation.

Il importe de noter que nous avons choisi ce mode de projection, afin d'assurer la valabilité des constructions géométriques que nous avons à faire sur la carte, ces constructions n'étant pas valables sur d'autres genres de représentations planes de la surface courbe de la terre, sur une carte géographique ordinaire, par exemple.

Sur cette carte se trouvent notées les positions de quelques stations ayant enregistré le tremblement de terre. Près de chacune de

ces stations se trouve notée, en temps civil de Greenwich, l'heure enregistrée par cette station pour l'arrivée de la première onde P.

Remarquons que Rome et Leipzig ont enregistré exactement la même heure,  $1^{\text{h}}41^{\text{m}}39^{\text{s}}$ . Si ces ondes se propagent autour d'un point unique, l'épicentre, ce point doit se trouver à des distances égales de

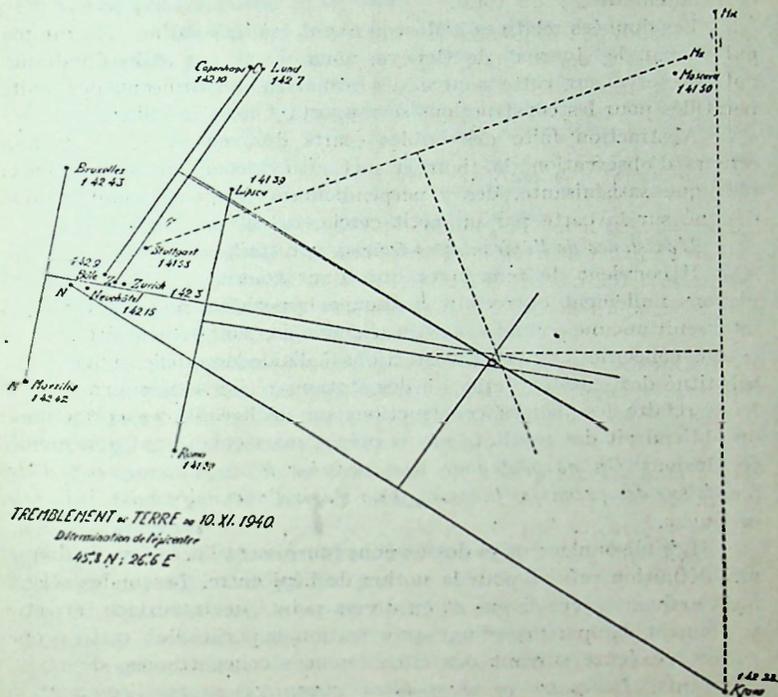


Fig. 1

Rome et de Leipzig, par conséquent sur la perpendiculaire menée par le milieu de la droite Rome-Leipzig.

Remarquons aussi que Neuchâtel a enregistré une heure de 7 secondes seulement inférieure à l'heure enregistrée par Ksara. On pourrait négliger cette faible différence, toutefois, pour en tenir compte en suivant des prescriptions bien établies, nous avons substitué à Neuchâtel une station fictive N, légèrement plus éloignée, qui aurait

enregistré exactement la même heure que Ksara. L'épicentre doit se trouver aussi sur la perpendiculaire menée par le milieu de la droite N—Ksara.

Dans le matériel d'observation dont nous disposons, nous avons pu trouver 5 autres couples de stations ayant enregistré, deux par deux, des heures presque égales. Nous avons donc pu mener 5 autres perpendiculaires, 7 au total.

Les données relatives à Moscou ayant été tirées d'un télégramme publié par le Journal de Genève, nous avons cru utile d'indiquer notre réserve sur cette source d'information, en utilisant des traits pointillés pour les constructions se rapportant à cette ville.

Abstraction faite des faibles écarts dûs, en premier lieu, aux erreurs d'observation, la figure 1 met en évidence une convergence, plus que satisfaisante, des 7 perpendiculaires vers un point unique désigné sur la carte par un petit cercle.

*L'existence de l'épicentre se trouve, de ce fait, pleinement démontrée*

Il convient de remarquer que, dans tout ce qui précède, nous n'avons nullement eu recours à aucune hypothèse, nous n'avons fait intervenir aucune connaissance de séismologie, sauf — peut-être, — en ce qui concerne les petites corrections à l'aide desquelles nous avons substitué des stations fictives à des stations réelles. On pourrait d'ailleurs refaire les mêmes constructions en négligeant ces corrections; on obtiendrait des résultats moins précis, mais conduisant aux mêmes conclusions. *On ne peut donc pas reprocher à ces raisonnements d'être fondés sur des prémisses fausses; il ne s'agit d'aucune prémisses, ni vraie, ni fausse.*

Les raisonnements ci-dessus nous fournissent l'occasion de donner une définition précise pour la notion de l'épicentre. Les ondes séismiques arrivant successivement en divers points de la surface terrestre, y donnent l'apparence d'une propagation superficielle; cette propagation s'exécute suivant des circonférences concentriques, de rayons croissants. *Le centre commun de ces circonférences est l'épicentre du séisme.*

Si l'épicentre n'existait pas, si la notion d'épicentre devrait être bannie de la séismologie et remplacée par celle de région épicontrale, de vaste région épicontrale s'étendant, dans le cas qui nous occupe, sur plus de 30.000 kmq., de Zimnicea jusqu'à Bârlad, entre le Danube et les pieds des Carpathes, les constructions géométriques que nous venons de faire sur la carte, n'auraient aucun sens, les 7 perpendiculaires que nous avons menées iraient se croiser n'importe comment,

à l'intérieur de la vaste région épacentrale, toute convergence de ces droites serait impossible.

La position de l'épicentre, déterminé ci-dessus, est définie par les coordonnées géographiques suivantes.

45<sup>o</sup>,8 de latitude nord, 26<sup>o</sup>,6 de longitude est, Greenwich.

Ce point se trouve dans la région de Vrancea, près du Coude des Carpathes.

Si cette détermination n'était pas exacte, si l'épicentre se trouvait ailleurs à Focșani, Bârlad, Galați, voire même à Oltenița-Călărași, sur le Danube, pourquoi les 7 perpendiculaires iraient-elles converger vers le point indiqué par la carte ?

#### *Vérification et amélioration de la position de l'épicentre.*

La position de l'épicentre étant connue, un calcul trigonométrique permet de déterminer les distances de l'épicentre à chacune des stations qui ont enregistré le séisme. Les enregistrements de ces stations fournissent, d'autre part, les heures d'arrivée de la première onde P à ces stations.

Portons sur un graphique (fig. 2-a) les distances, horizontalement, en abscisse, les heures, verticalement, en ordonnée. Chaque observation est représentée par un point ; nous aurons autant de points que d'observations, 29 dans le cas qui nous occupe.

L'examen de la figure obtenue montre que ces points se placent, d'une manière plus que satisfaisante, sur une courbe unique, „la courbe des temps des ondes P". Ces points présentent évidemment certains écarts par rapport à la courbe. Ces écarts sont dus aux causes suivantes :

1. Une faible erreur sur la position adoptée pour l'épicentre.
2. Les erreurs d'observations sur les heures d'arrivée des ondes aux diverses stations.
3. Les variations produites, dans les vitesses de propagation des ondes sismiques, par la diversité des milieux parcourus par ces ondes, cheminant dans diverses directions, pour arriver à des stations, dispersées, à diverses distances, autour de l'épicentre.

Les écarts des points, figurant les observations, par rapport à la courbe représentent l'effet global de ces trois causes d'erreurs. L'exiguité des écarts qu'on voit sur la figure, prouve que les effets de chacune de ces trois causes d'erreurs, de la troisième notamment, sont négligeables. *On n'a donc rien à craindre de la part des variations pro-*



ils s'en produisent par centaines de milliers dans le monde entier — devraient être faites d'une tout autre manière ; il serait absolument impossible d'établir des courbes des temps uniques, valables dans toutes les directions et pour tout épïcêtre, où qu'il se trouve sur le globe terrestre.

Le fait que les points représentant les observations se placent sur une courbe unique, apporte une nouvelle confirmation de l'existence de l'épicentre, une nouvelle vérification de la position géographique, précédemment déterminée pour ce point.

Remarquons que, là aussi, il ne peut s'agir d'aucune prémisses, ni vraie, ni fausse. Nous n'avons fait qu'une vérification de la position adoptée pour l'épicentre, sans avoir recours à aucune connaissance de séismologie, pas même pour le calcul de faibles corrections, comme tout-à-l'heure.

La précision de la méthode, ici envisagée, est d'ailleurs très grande. Si, en effet, la position de l'épicentre était erronée, les valeurs calculées pour les distances épïcétrales des stations, distances portées horizontalement sur le graphique (fig. 2-a), ne sauraient être exactes, les points représentant les observations ne sauraient se placer sur une courbe unique, ces points garderaient une forte dispersion par rapport à la courbe qu'on essayerait de tracer.

Pour présenter cette question d'une manière plus concrète, nous avons envisagé le cas d'un épïcêtre erronné, placé au point de coordonnées géographiques  $45^{\circ},1$  de latitude nord,  $26^{\circ},6$  de longitude est, Greenwich.

Ce point se trouve sur le méridien même de l'épicentre exact, à  $0^{\circ},7 = 78$  kms. vers le sud.

Comme ci-dessus, nous avons calculé les distances des diverses stations à cet épïcêtre erronné et les avons portées horizontalement (fig. 2 b), les heures d'arrivée des ondes P — les mêmes, évidemment, que tout-à-l'heure — étant portées verticalement. On constate, sur cette figure, une notable dispersion des points représentant les observations.

Mais il convient d'examiner les choses de plus près.

Considérons les points correspondant aux stations se trouvant au sud de l'épicentre, Bucarest, Sofia, Ksara (Liban). Sur le nouveau graphique ces points se trouvent nettement à gauche de la courbe. Les distances calculées pour cet épïcêtre erronné, sont donc trop petites. Pourquoi ? Parce que, en déplaçant l'épicentre vers le sud, nous l'avons approché de ces stations méridionales.

Considérons, d'autre part, les points correspondant aux stations nordiques, Lund, Copenhague, Hambourg, Heligoland. Dans la figure

2 b, ces points se trouvent nettement à droite de la courbe. Les distances calculées sont donc trop grandes. Pourquoi? Parce que, en déplaçant l'épicentre vers le sud, nous l'avons éloigné de ces stations nordiques.

Quant aux autres points, ils restent dans le voisinage de la courbe, les distances calculées pour les stations correspondantes sont donc exactes ou presque. Pourquoi? Parce que, toutes ces stations se trouvant approximativement vers l'ouest, le déplacement de l'épicentre sur son méridien n'a pu modifier, sensiblement leurs distances épicentrales.

En revenant à la figure 2 a, remarquons une légère dispersion des points figurant les observations des stations nordiques, Lund, Copenhague, Hambourg, Heligoland, d'une part, l'observation de la station méridionale Ksara, d'autre part. Ceci prouve que la position adoptée pour l'épicentre est encore susceptible d'une certaine amélioration par un léger déplacement vers le nord.

Nous avons obtenu, en effet, par le calcul, une telle amélioration : un déplacement de l'épicentre de  $0,13 = 14$  kms. vers le nord, de  $0,04 = 5$  kms. vers l'est. Hâtons nous de remarquer qu'il ne s'agit que d'une amélioration provisoire, encore incertaine, l'absence des données de l'est interdisant la recherche, utile, d'une très grande précision.

Cet exemple met très bien en évidence la grande précision de la méthode séismographique. Voilà pourquoi, nous ne pouvons pas nous rallier à l'opinion de ceux qui pensent que la méthode séismographique ne serait capable de fournir que des données largement approximatives, provisoires et valables seulement jusqu'à ce que la méthode macroséismique peut recueillir et discuter ses observations, afin d'en tirer des conclusions qui, seules, seraient précises et définitives.

C'est précisément le contraire qui est vrai : les observations macroséismiques doivent être faites immédiatement, sous peine d'être gravement faussées par le déblayement des ruines, par la réparation des dommages. C'est une erreur de croire qu'il faut aller soi-même faire ces observations sur place : cela demande du temps, on arrive trop tard. Quant à la discussion des observations macroséismiques, cette discussion ne demande que quelques notations et quelques dessins à faire sur une carte géographique qu'on trouve toute confectionnée. C'est donc à la méthode macroséismique qu'incombe de fournir les premières approximations. La méthode séismographique est de beaucoup plus lente à recueillir ses données, parfois des observations faites sur toute la terre. Quant à la discussion des observations séismographiques, si elle comporte une précision infiniment supérieure, cette précision ne peut être atteinte que par un travail bien long et délicat.

*Première évaluation de la profondeur de l'hypocentre.*

Sur la figure 2a se trouvent, tracées en pointillé, les courbes des temps des ondes P, pour des séismes de diverses profondeurs : 25 kms. pour les séismes tectoniques type, 100, 200, ... 700 kms. Ces courbes sont tracées d'après les tables de MM. Gutenberg et Richter (1). Dans la partie où elles auraient embrouillé la figure en se superposant, ces courbes ont été interrompues.

La figure montre clairement que la courbe des temps du séisme étudié — trait continu — est comprise entre les courbes correspondant aux profondeurs de 100 et 200 kms. Il s'en suit que *la profondeur de ce séisme est comprise entre 100 et 200 kms.*

Ne disposant, pour le moment, d'un matériel d'observation assez complet — comme nous l'avons déjà dit, les observations de l'Est nous manquent —, nous nous bornerons, pour le moment, à cette première évaluation. Nous citerons, cependant, quelques déterminations concernant le séisme du 10 novembre 1940 et trois autres ayant la même origine. Ces déterminations, sauf celles de M. Jeffreys, du B. C. I. S. et de Demetrescu, ont été faites sur des séismogrammes enregistrés à de grandes distances en Amérique par exemple, à 7000—10.000 kms. de distance, en Nouvelle Zélande, à 17.000 kms. Ce sont donc des résultats obtenus à l'aide d'un matériel d'observation complètement différent du nôtre et par des procédés de discussion entièrement différents. Les résultats obtenus n'en sont pas moins concordants. Mise à part la „tentative" de l'U. S. C. G. S., toutes ces déterminations concordent à attribuer à ces séismes des profondeurs d'au moins 150 kms. Le tableau suivant résume ces déterminations.

*Profondeurs de quelques séismes de la région de Vrancca.*

Autorités	1929, XI, 1	1938, VII, 13	1940, X, 22	1940, XI,
Jeffreys (2) . . . . .	184 kms			
Gutenberg et Richter (3) . 160 . . . . .		150 kms		
B. C. I. S. (4) . . . . .		150 kms	150 kms	
U. S. C. G. S. (5) . . . . .			100—150	
J. S. A. (6) . . . . .			150	
Pittsburgh (7) . . . . .		160 . . . . .	150	
Wellington (8) . . . . .			150	
Demetrescu (9), (10) . 192 . . . . .		163		

- B. C. I. S. = Bureau Central International de Séismologie.  
 U. S. C. G. S. = U. S. Coast and Geodetic Survey. Washington.  
 J. S. A. = Jesuit Seismological Association. Saint Louis, U.S.A.  
 Pittsburgh = Pittsburgh Observatory. Pennsylvania U. S. A.  
 Wellington = Wellington, Dominion Observatory. Nouvelle Zé-  
 lande.

*Quelques considérations sur la profondeur des séismes.*

La question de la profondeur des séismes vaut d'être envisagée

aussi d'un autre point de vue. On aura ainsi l'explication d'un grand nombre de faits, directement observables par tout le monde.

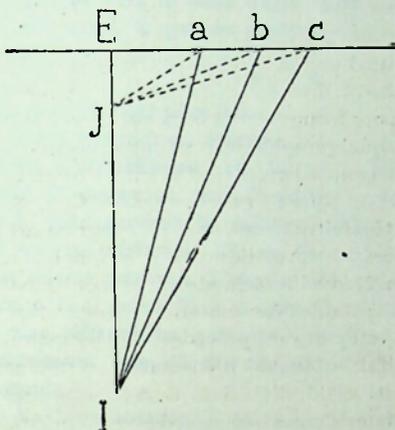


Fig. 3

Considérons, (fig. 3), l'hypocentre I d'un séisme de grande profondeur et, à la surface de la terre, l'épicentre E et divers points *a*, *b*, *c*, à des distances épicentrales croissantes.

Les ondes séismiques, émergeant de l'hypocentre I, se propagent vers les points E, *a*, *b*, *c*, suivant des chemins ne s'écartant pas trop des droites IE, Ia, Ib, Ic. Les ondes P, les plus rapides, celles qui arrivent

les premières en surface, sont des ondes longitudinales, constituées par des condensations et des dilatations de la matière. Ce sont donc des oscillations s'exécutant dans leurs directions de propagation IE, Ia, Ib, Ic, des oscillations ayant ces directions. Or, la figure 3 le prouve clairement, ces directions restent presque perpendiculaires à la surface terrestre, presque verticales, jusqu'à des distances épicentrales assez grandes, Ec par exemple. Dans le cas d'un séisme profond, les premières secousses se font donc sentir comme verticales jusqu'à des distances assez grandes de l'épicentre.

Il en va tout autrement pour les séismes de faible profondeur. Les premières ondes longitudinales, issues d'un hypocentre de faible profondeur J, ont les directions des droites JE, Ja, Jb, Jc; elles arri-

vent donc presque horizontales, déjà à des faibles distances épacentrales, Ea par exemple.

Voilà donc une distinction très marquée entre les séismes tectoniques, de faible profondeur, et les séismes plutoniques de forte profondeur : *les premières secousses se font sentir verticalement sur une faible étendue, au voisinage de l'épicentre, dans le cas des séismes peu profonds, sur une grande étendue, dans le cas des séismes profonds.*

Or, tout le monde est d'accord sur le fait que le tremblement de terre du 10 novembre 1940 a débuté par des secousses verticales, à l'intérieur d'une vaste région s'étendant, au moins depuis l'Olt et le Danube jusque vers le nord de la Moldavie. Cette remarque vient confirmer, elle aussi, la grande profondeur de ce séisme.

\* \* \*

Mais on peut aller plus loin.

Les ondes séismiques, émergeant de l'hypocentre avec une certaine énergie, s'affaiblissent, au fur et à mesure qu'elles s'éloignent de leur point d'émergence, mais il est clair que, à des distances égales de ce point, elles gardent la même énergie. Or, la figure 3 montre clairement que les distances IE, Ia, Ib, Ic, sont presque égales, dans le cas d'un séisme profond. L'énergie de ces ondes est donc presque la même en a, b, c, qu'en E, à l'épicentre. Pour un séisme profond, les effets macroséismiques gardent presque la même intensité, leur intensité maximum, jusqu'à des distances épacentrales assez grandes, Ec par exemple.

Il en va tout autrement pour les séismes de faible profondeur, d'hypocentre J, par exemple. Les distances Ja, Jb, Jc augmentent rapidement, à mesure qu'on s'éloigne de l'épicentre ; les effets macroséismiques diminuent donc rapidement ; ils ne sont maximum que dans une petite région voisine de l'épicentre.

Voilà une autre distinction bien nette entre les deux types de séismes : *les profonds se font sentir, avec leurs effets maximum, sur une grande surface, les autres sur une petite aire dans le voisinage de l'épicentre.*

Or, dans le cas qui nous occupe, l'aire de maximum d'intensité macroséismique est très grande : l'intensité VIII—IX a été notée depuis l'Olt et le Danube jusque vers Jassy, dans la partie septentrionale de la Moldavie. Encore une confirmation de la forte profondeur du séisme.

\* \* \*

D'autre part, dans le cas d'un séisme profond, les ondes sismiques, réparties, avec presque tout leur maximum d'énergie, sur une grande surface, peuvent y trouver des conformations géologiques tout différentes d'un point à l'autre; elles peuvent y trouver, par endroits des terrains plus faibles, par endroits des terrains plus solides. Suivant la nature de ces terrains, tout en gardant, partout presque la

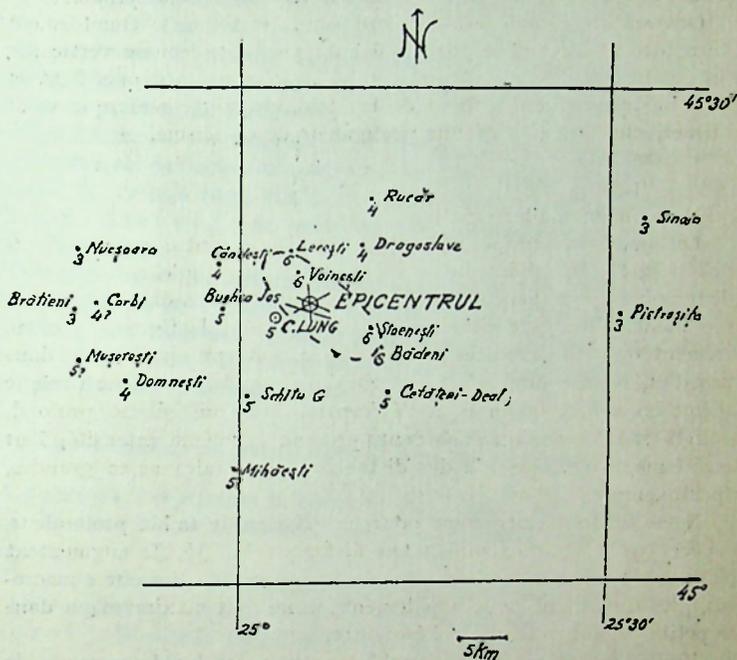


Fig. 4

même énergie, ces ondes peuvent produire des effets plus forts en tels points, plus faibles en tels autres points. Dans la vaste aire de maximum d'intensité d'un séisme profond on verra apparaître des points épars, où les effets macrosismiques seront un peu plus forts qu'ailleurs. Les effets les plus forts peuvent se produire assez loin de l'épicentre, des effets moins forts dans le voisinage de ce point. La recherche de l'épicentre, dans le cas d'un séisme profond est, de ce fait, impossible par la méthode macrosismique.

C'est le contraire qui arrive, *en général*, dans le cas des séismes de faible profondeur : l'aire du maximum d'intensité étant très petite et confinée dans le voisinage de l'épicentre, la solidité du sol ne présente, *en général*, pas de grandes différences à l'intérieur de cette petite aire, les effets les plus forts s'observent dans le voisinage de l'épicentre. La figure 4 en fournit un exemple. Il s'agit du tremblement de terre de Câmpulung-Muscel, du 5 janvier 1940, étudié par M. G. Petrescu (11). On voit que l'épicentre se trouve dans la petite aire de maximum d'intensité macroséismique VI. Les observations macroséismiques peuvent donner, dans ce cas, des indications assez justes sur la position de l'épicentre.

Mais il n'en est pas toujours ainsi. Voilà. (fig. 5), l'exemple d'un séisme tectonique, de faible profondeur, — 28 kms., — celui de la Souabe Supérieure du 27 juin 1935, étudié, au point de vue macroséismique, par M. A. Sieberg, au point de vue séismographique, par M. W. Hiller (12),

Sur cette figure les surfaces hachurées représentent les aires d'intensité macroséismique maximum. Aucune de ces aires ne renferme l'épicentre à son intérieur. Quelles conclusions aurait tirées le chercheur qui aurait voulu déterminer la position de l'épicentre de la discussion des données macroséismiques ?

#### *Carte macroséismique du tremblement de terre du 10 novembre 1940.*

La planche I représente la carte macroséismique du grand tremblement de terre du 10 novembre 1940 pour les territoires roumain et bulgare.

La carte bulgare, dressée par le Service Séismologique de l'Institut Météorologique Central de Sofia, nous a été communiquée par M. Kiroff, Directeur de l'Institution. Qu'il nous soit permis de lui adresser, par cette voie, nos meilleurs et plus vifs remerciements. Cette carte résulte de la discussion de données recueillies par des observateurs très bien instruits, se trouvant dans un très grand nombre de stations macroséismiques permanentes.

La carte roumaine résulte d'une enquête faite par nous auprès des maires de différentes communes et de certaines autres personnes, prêtres, professeurs, instituteurs etc., nos correspondants ayant été priés de répondre à deux questionnaires que nous leur avons adressés.

Les deux cartes, bulgare et roumaine, ont été dressées d'après l'échelle internationale des intensités macroséismiques — 12 degrés.—

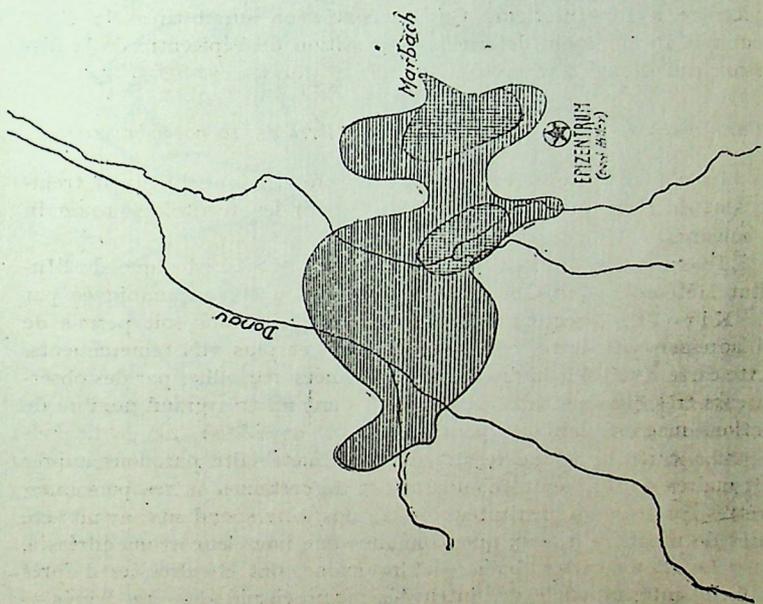


Fig. 5

Relevons sur cette carte les faits suivants :  
 L'aire de maximum d'intensité — degré VIII—IX — s'étend depuis l'Olt et le Danube jusqu'au delà de Jassy, dans la partie septentrionale de la Moldavie.

*Tremblement de Terre  
 de Roumanie  
 du  
 10 Novembre 1940  
 CARTE MACROSEISMIQUE*

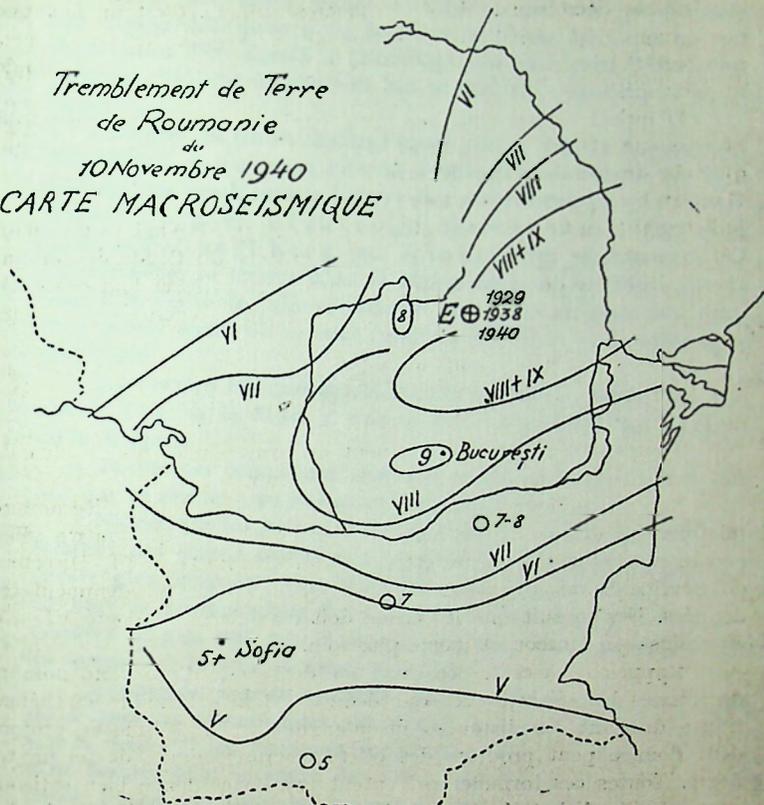


Fig. 6

A l'intérieur de cette aire de maximum d'intensité apparaissent des maximum relatifs — degré X, approximativement — en divers points épars : Lopătari, Neculele, Petresti (Focsani), Panciu, Târgul Bujor, peut-être aussi en d'autres points ayant échappé à notre enquête.

Les courbes limitant les aires de diverses intensité macroséismiques ont une forme bien caractéristique au Coude des Carpathes, où elles semblent présenter un point de rebroussement.

Dans cette même région on observe une très caractéristique et très rapide décroissance du degré macroséismique. C'est un fait que nous avons déjà signalé à l'attention des géologues. Nous nous permettons d'insister de nouveau sur ce fait qui nous semble de grande importance.

D'après les déterminations faites par le Bureau International de Séismologie et par nous mêmes, l'épicentre du séisme est le même que celui des tremblements de terre du 1 novembre 1929 (Jeffreys(2), Gutenberg et Richter(3), Demetrescu (10) et du 13 juillet 1938 (Gutenberg et Richter(3), Demetrescu(9) Cet épicentre se trouve dans la région critique du Coude des Carpathes, à la limite de l'aire d'intensité maximum et assez loin des quelques points épars où se sont produits les effets macroséismiques les plus forts.

Le Service Séismologique, Bulgare a noté le degré VII bien au sud du Danube, le degré V jusque dans les parties tout méridionales de la Bulgarie.

Toutes ces remarques viennent confirmer, une fois de plus, le fait que ce séisme a eu une grande profondeur.

Notons que les journaux de l'époque ont publié des télégrammes relatant des dégâts causés aux maisons de Moscou et d'autres villes encore plus éloignées. Une lettre de M. Nikiforoff, Directeur du Service Séismologique de l'U. R. S. S. confirme incidemment ces données. Il s'en suit que le séisme doit être classé au degré VI — V au moins — à Moscou et même plus loin.

Rappelons, à cette occasion, que de l'étude d'un grand nombre de séismes les séismologues ont déduit certaines formules mathématiques donnant les distances jusqu'auxquelles un séisme de profondeur donnée peut produire des effets macroséismiques de tel ou tel degré. Toutes ces formules présentent une concordance bien satisfaisante. Voilà, d'après la formule de G a s s m a n n, la plus usitée, les distances jusqu'auxquelles se produisent des effets des degrés IX, VIII, VII, VI, V, pour des séismes du degré X à l'épicentre et ayant des profondeurs de 25 et 150 kms.

*Répartition des intensités macroséismiques*

Profondeur	IX	VIII	VII.	VI	V degré.
25 kms.	38	75	125	188	250 kms.
150	225	450	750	1125	1500

Le séisme dont nous nous occupons, du degré IX—X dans le voisinage de l'épicentre, a produit des effets du degré V dans le sud-ouest de la Bulgarie, à plus de 600 kms. de distance. des effets VI—V au moins — vers le nord-est, à plus de 1300 kms. Quelle autre conclusion peut-on tirer de l'examen de ce tableau si ce n'est celle d'une grande profondeur du séisme?

\* \* \*

Un autre fait que nous nous permettons de soumettre à l'attention des géologues : Comme nous l'avons déjà fait remarquer, le séisme se classe au degré V — VI à Moscou, à plus de 1300 kms. de distance au degré V dans le sud-ouest de la Bulgarie, à 600 kms seulement. Vers ce dernier point les ondes séismiques ont eu à franchir deux fortes chaînes de montagnes, les Balkans et les Rhodopes, vers Moscou elles ont trouvé le chemin libre de tels obstacles.

\* \* \*

Certains chercheurs ont cru pouvoir noter, à Bucarest, le degré VI—VII, voire même V, au Danube V.

Rappelons, à ce sujet, l'échelle des intensités, la même utilisée par tout le monde.

Degré VII : Renversement d'objets mobiles, chute des plâtres du plafond et des murs; tintement des cloches dans les églises, épouvante générale, sans dommages aux édifices bien construits.

Degré VIII : Chute de cheminées; lézardes dans les murs.

Degré IX : Destruction partielle ou totale de quelques édifices.

Peut-on noter à Bucarest le degré VI—VII? Au Danube V? Le Service Séismologique Bulgare, disposant d'un admirable réseau de stations macroséismiques permanentes qu'on peut, à juste titre, lui envier, note le degré VII bien au sud du Danube, le degré V dans la partie méridionale de la Bulgarie.

D'ailleurs, curieuse distribution des intensités macroséismiques que celle qui note le degré X à Panciu, le degré VI—VII à Bucarest

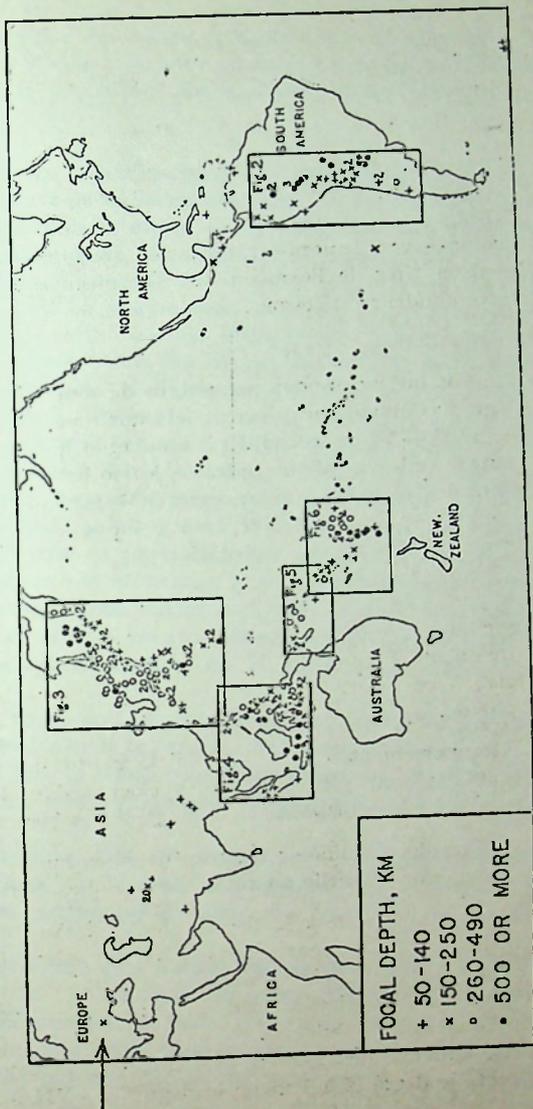


Fig. 7.

le degré  
V tout  
C  
concern

T  
blement  
tous le  
ont agi  
leur ma  
l'Olt et  
davie e  
ont été  
qu'aujo  
Rappel  
séismiq  
Galati,  
sur le I  
carest-  
le plus

f

que  
de pers  
d'obser  
ment s  
A  
agité n  
origine  
de l'ra;  
N  
t e n b  
seul pe  
duction  
avons

le degré V au Danube, V encore dans le sud-ouest de la Bulgarie, V toujours, sinon davantage, à Moscou et peut-être plus loin encore !

Qu'on veuille bien jeter un coup d'oeil sur le tableau ci-dessus concernant la répartition des intensités macroséismiques.

\* \* \*

Toutes les caractéristiques que nous avons notées pour le tremblement de terre du 10 novembre 1940, ont été constatées pour presque tous les séismes de la région de Vrancea. Tous les grands séismes qui ont agité, par le passé, le sol de la Roumanie, se sont fait sentir avec leur maximum d'intensité sur la même grande aire s'étendant depuis l'Olt et le Danube jusque dans la partie septentrionale de la Moldavie et, dans cette aire, ont présenté des points épars où les effets ont été plus forts. Tous ces séismes ont soulevé les mêmes difficultés qu'aujourd'hui dans la discussion des observations macroséismiques. Rappelons que la discussion du même matériel d'observations macroséismiques a conduit les uns à placer la région séismique à Focșani—Galați, les autres à Bârlad—Galați, voire même à Călărași—Oltenița, sur le Danube. Rappelons aussi qu'on a parlé d'un axe séismique Bucarest—Chișinău, qu'on a noté Bucarest comme le centre séismique le plus important du pays, Chisinau venant en second lieu.

Toutes ces contradictions, toute cette confusion s'expliquent très bien : les observations macroséismiques ne peuvent donner rien de précis, rien de certain dans la détermination de l'épicentre d'un séisme profond. Le simple examen de la carte de la fig. 6 ne le prouve que trop.

Si, au temps où l'on ne disposait que d'observations macroséismiques, la confusion était inévitable, il ne nous est plus permis aujourd'hui de persister dans la même voie. Nous disposons, en effet, actuellement d'observations séismographiques nombreuses, précises et scientifiquement sûres.

A notre avis, *tous ou presque tous les grands séismes qui ont agité notre pays par le passé et l'agiteront dans l'avenir, trouvent leur origine à une profondeur de 100—200 kms. sous le sol de la région de Vrancea.*

Notons encore que, d'après l'étude statistique (3) de MM. Gutenberg et Richter, le point séismique de Vrancea est le seul point de séismes profonds d'Europe. La figure 7 est la reproduction d'une carte publiée par les grands savants américains (3). Nous avons marqué par une flèche, sur cette carte, le point de Vrancea

\*

## NOTE BIBLIOGRAPHIQUE

1. B. Gutenberg et C. F. Richter. Données relatives à l'étude des tremblements de terre à foyer profond. Publications du Bureau Central Sismologique International. Série A : Travaux Scientifiques, fasc. 15—1937.
2. H. Jeffreys. Some deep-focus earthquakes. Monthly Notices of R. A. S. Geophysical Supplement, 1935 december.
3. B. Gutenberg and C. F. Richter. Depth and Geographical Distribution of deep focus earthquakes. Bulletin of the Geological Society of America. Vol. 49 and 50.
4. *Union Géodésique et Géophysique Internationale. Bureau Central Sismologique.* Bulletin d'échanges No. 1, 1940.
5. *Earthquake Notes. Eastern Section Seismological Society of America.* Vol. XII, No. 3, Dec. 1940.
6. *Jesuit Seismological Association. Central Station.* Preliminary Bulletin.
7. *Pittsburgh, Seismological Observatory.* Bulletin for 1940, november.
8. *Dominion Observatory, Wellington, New Zealand Seismological Report.* Provisional Bulletin. No. P 105, Nov. 1940.
9. G. Demetrescu. Le tremblement de terre des Montagnes de Vrancea du 13 juillet 1938. Académie Roumaine. Bull. Scient. T. XXI, no. 5—6.
10. G. Demetrescu. Le tremblement de terre des Montagnes de Vrancea du 1 novembre 1929. Académie Roumaine. Bull. Scient. T. XXI, No. 5—6.
11. G. Petrescu. Sur quelques séismes de Roumanie. Académie Roumaine. Bull. Scient. T. XXII no. 10.
12. A. Sieberg. Beiträge zur erdbebenkundlichen Bautechnik und Bodenmechanik. Veröffentlichungen der Reichsanstalt für Erdbebenforschung in Jena. II. H. 20, 1937.
13. W. Hiller. Das Oberschwäbische Erdbeben am 27 Juni 1935. Württ. Jahrbücher für Statistik und Landeskunde. 1934—1935.

## 554. CONSIDÉRATIONS GÉOGRAPHIQUES SUR LE TREMBLEMENT DE TERRE DU 10 NOVEMBRE 1940

par N. AL. RĂDULESCU

Maître des conférences à la Faculté des Sciences de Bucarest

Les notes qui suivent sont le résultat des recherches entreprises sur le terrain, dans la région épicertrale (Valachie orientale et Moldavie méridionale) à partir du lendemain même du tremblement de terre exceptionnel du mois de novembre 1940.

Les premiers jours qui suivirent le désastre, la population désorientée et terrifiée par la peur d'une répétition du cataclysme, n'entreprit ni réparations des immeubles avariés, ni déblayements des rues encombrées de ruines; de sorte que je pus avoir l'image réelle de la force destructive du macroséisme dont nous occupons; ce qui m'a permis d'établir son degré d'intensité le plus proche de la réalité ou d'en constater les effets.

Je me suis rendu compte de cet avantage quand, six semaines plus tard, accompagnant avec un groupe le séismologue Sieberg, je revis la même région. Les rues en avait été nettoyées, les cheminées refaites, les murailles démolies avaient été rebâties, à la place des étages effondrés on avait improvisé des toitures — en un mot, l'impression de l'observateur était en quelque sorte déformée. ■

Comme en ces premières recherches j'ai été seul, j'ai dû me borner à la surface citée — la région épicertrale; en échange, les résultats ont l'avantage d'être unitaires, les faits étant jugés suivant la même unité de mesure, c'est à dire par une seule personne.

En général je me suis surtout occupé de l'aspect géographique et anthropogéographique du phénomène, ainsi qu'on le verra plus loin.

Je trouve pourtant nécessaire, avant d'entamer le récit de ces résultats, de dire quelques mots en liaison avec l'établissement de l'épi-

centre, parce que l'intensité des effets des tremblements de terre sur l'écorce terrestre est en rapport avec leur éloignement de la région épicoentrale.

\* \* \*

Basés sur l'interprétation des séismogrammes obtenus pour les tremblements-répliques — qui furent fort nombreux — donc à l'appui de sources secondaires, et par de laborieux calculs, l'Observatoire astronomique de Bucarest a établi qu'au point de vue microséismique l'épicentre du tremblement de terre du 10 Novembre 1941 est un point situé à 45°, 6 latitude Nord et à 26°, 6 longitude Est de Greenwich <sup>1)</sup>. Ce point se trouve dans la dépression de Vrancea, situé dans la région du coude des Carpathes roumains, à 5 Km. NE du village Nereju.

Les recherches macroséismiques, entreprises sur le terrain, démontrent que les calculs mathématiques indiquent l'approximative direction épicoentrale et que l'épicentre est au dehors de la dépression, le long de la zone de contact entre la Plaine Roumaine et la Plateforme Moldave.

Nous produisons, à l'appui de notre affirmation, les preuves fournies par les recherches sur les antécédents sismiques de la région, l'intensité du tremblement actuel et la morphologie de la région.

#### *Antécédents sismiques.*

L'idée de placer dans Vrancea les épicentres de tous les tremblements de terre survenus les derniers dix ans et partis de la Moldavie méridionale, est due probablement, non seulement aux résultats obtenus par les calculs à la suite du déchiffrement des séismogrammes, mais aussi à la croyance que — du moment que Vrancea est une dépression de nature tectonique, entourée à l'Oueste et à l'Est par des dislocations importantes — elle pourrait être la génératrice des grands macroséismes de Roumanie.

Mais on oublie que dans cette région il y a un effondrement de l'écorce terrestre de plus grande amplitude et de surface plus étendue : c'est celui de la Plaine Roumaine du N. et de l'E. effondrement qui, probablement, continue encore aujourd'hui et qui a pour résultat la formation du nœud hydrographique le plus important du pays (le Si-

<sup>1)</sup> Dr. G. Demetrescu. *Inv. surut cutremurului dela 10 Noiembrie-1941.*

reth inférieur) la déformation des rivières valaques qui, toutes font un coude dans cette direction, abandonnant leurs vieux lits<sup>1)</sup> et la transformation des rivières longitudinales de la région souscarpathique, en rivières transversales.

En 1902, le professeur E. m. de Martonne a démontré que certaines dépressions de Roumanie sont complètement tassées<sup>2)</sup>. Il a démontré que la dépression de Tg. Jiu, du point de vue sismique n'est pas dans la catégorie des épacentres actifs", étant „depuis longtemps dans un état de stabilité”.

En effet, ce que Mr. de Martonne supposait hypothétiquement fut confirmé par les recherches ultérieures<sup>3)</sup>.

Ce n'est pas la dépression de Tg. Jiu qui est la génératrice des tremblements de terre pour la partie occidentale de la Roumanie, mais bien la région du Banat et de l'Olténie du Danube, depuis Cazane à Porțile-de-Fer. Parmi 43 macroséismes qui se manifestèrent dans toute l'Olténie (entre 1892 et 1923) il n'y a que 5 qui eurent l'épicentre dans la dépression citée plus haut. De ces cinq, quatre ont eu une intensité égale, du III-e degré et un seul fut du V-e degré. Il s'agit donc de tremblements assez faibles, locaux, de petite aire.

J'ai constaté la même chose et de manière encore plus évidente, dans la dépression de Vrancea.

En Moldavie du Sud il y eut — dans la période de 1885 à 1929 — une série de tremblements de terre, dont le nombre diminue de manière directement proportionnelle à mesure que l'on approche de Vrancea<sup>4)</sup>.

Ainsi, à Galatzi on a perçu 58 tremblements de terre, à Focșani — 41, à Odobești — 11 et à Vrancea même, rien que 7. De ces 58 tremblements de terre, 15 ont eu l'épicentre à Focșani, 12 à Galatzi, un à Odobești et deux à Vrancea.

Tous les tremblements de terre de Vrancea furent d'intensité plutôt réduite (II—IV degré) sauf deux<sup>5)</sup> qui atteignirent le VIII-e degré, à Vidra (25 mai 1912) et le VII-e degré à Nereju (31 août 1894); mais les épacentres de ces derniers se trouvèrent en dehors de la dépression.

1. G. Vălsan, *Câmpia română*, București, 1915, pp. 85—166.

2. E. m. de Martonne, *Les tremblements de terre de la Roumanie et leur rapport avec les lignes directrices de la Géographie physique*. *Analele Institutului meteo-  
rologic*, t. XVIII, 1902.

3. N. A. I. Rădulescu, *Olténia seismică*, Focșani, 1938, pag. 24—25.

4. N. A. I. Rădulescu *Vrancea*. București 1937, cap. „Mișcările seismice”, p. 29—32.

5. N. A. I. Rădulescu, *Cutremurele de pământ din Moldova de Sud*, dans „Mîlcovia” I-ère année, 1930, vol. II, p. 199—223.

Quant aux deux tremblements de terre dont l'épicentre fut à Vrancea, ils furent assez faibles (II — III-e degré), locaux et d'aire réduite.

Voilà pourquoi nous pouvons affirmer (en ce qui concerne Vrancea et Tg. Jiu, au moins) que les grandes dépressions ne sont pas des génératrices de tremblements de terre. Sans aucun doute que pendant la période de formation de la dépression de Vrancea, à la fin du tertiaire et au début du quaternaire, il dut y avoir d'importantes secous-

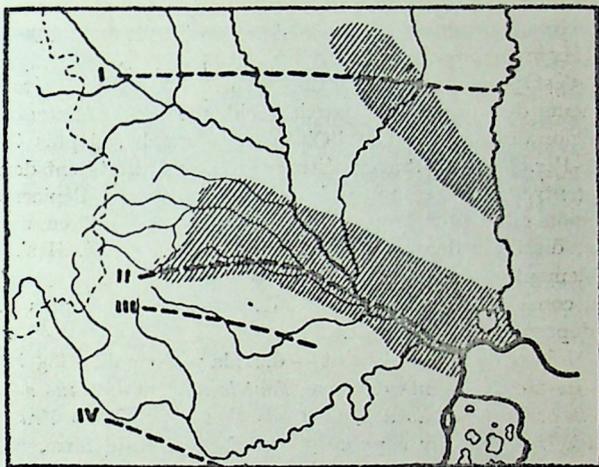


Fig. 1. Les régions de la Moldavie méridionale où se sont produits des épicentres, entre 1893 et 1929.

- I = Faille de Trotaș.
- II = Faille de Zăbala — Focșani — Galați
- III = Faille de Șelăriile.
- IV = Faille du Buzău.

(Tectonique selon Șt. Mateescu).

ses sismiques. Mais aujourd'hui on observe une migration des épicentres vers la partie la plus basse de la Plaine Roumaine, dans la direction Ouest-Est, le long des fractures transversales qui s'y trouvent.

*A l'appui de ces antécédents, nous pouvons conclure que Vrancea est une région de très petite sismicité et que les épicentres des grands tremblements de terre n'appartiennent pas à la dépression, mais se trouvent en dehors de celle-ci.*

\* \* \*

*L'intensité du tremblement de terre récomt a deux aires de maximum : l'une dans la région Panciu-Focșani et l'autre dans la région Bârlad-Berești-Corod (IX-e degré de l'échelle Mercalli-Sieberg), le point culminant se trouvant à Panciu et la partie supérieure de la vallée du ruisseau Ger (Mândrești-Corod) où le tremblement atteignit le degré X. C'est ici que se produisirent les plus grands dégâts, qu'il y eut le plus haut pourcentage d'habitations détruites.*

Dans Vrancea pourtant, l'intensité fut moindre, entre le VI-e et VII-e et VIII degré, dont :

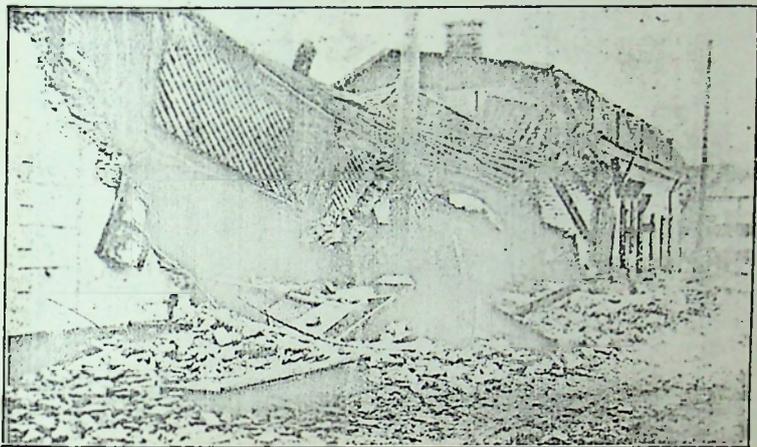


Fig. 2. Focșani. Immeuble détruit par le tremblement de terre.

le VI-e degré, sur les terrasses inférieures des rivières Putna et Zăbala, où les villages Bârsești, Poiana, Năruja et Nereju (ce dernier c'est celui où se trouve situé l'épicentre mathématique) ont subi des dégâts moindres ;

le VII-e degré, sur les terrasses moyennes et le VIII-e degré sur les hautes terrasses le long de la „faille marginale du flisch”.

Il est évident que les dépôts de gravier, qui constituent les terrasses de Vrancea, ont amorti l'intensité sismique en rapport avec l'épaisseur de la couche respective.

De même, le long de la „dislocation marginale des Souscarpathes” de la Moldavie méridionale l'intensité en a été du VIII-e et IX-e

degré les villages Ruginești, Copăcești, Jarișteța — du département de Putna et Urechești, Popești — du département de R.-Sărat — subissant des dégâts beaucoup plus importants que les établissements humains de la plaine voisine.

En ce qui concerne la région de la plaine, le tremblement de terre a produit des dégâts plus importants dans les „lunca”-s et les terrasses inférieures, non consolidées, où le sous-sol de gravier est remplacé par des alluvions de limon et de sable, que sur les terrasses ou le long des inter-fleuves.

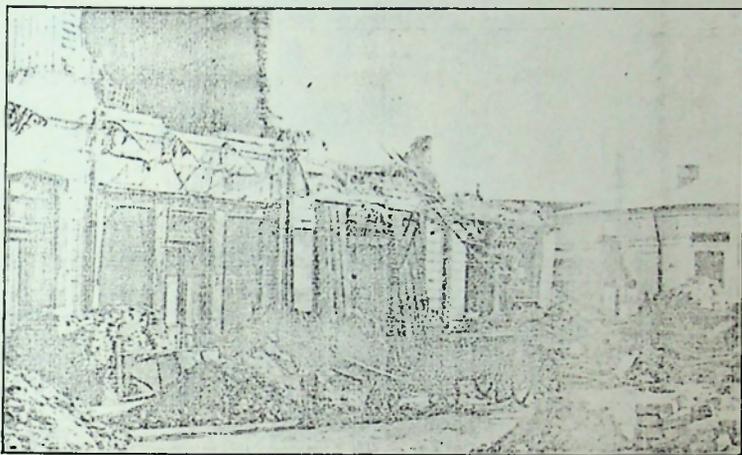


Fig. 3. Bârlad. Maisons détruites par le tremblement de terre.

Il est très difficile d'en établir l'intensité, car les variations sont très grandes dans le cadre même d'une aire, grâce à la structure locale, à la tectonique, à la morphologie, à la position par devers la direction du choc sismique, au coefficient de résistance des bâtisses et au mode de propagation des ondes sismiques.

Pour donner une idée de la grande variété d'intensité que l'on trouve sur une surface assez réduite, nous avons établi une charte des dégâts causés par le tremblement de terre dans le rayon de la ville de București. Elle fut établie à l'appui des verdicts prononcés par la commission de vérification des immeubles, composée de spécialistes délégués dans ce but, par la Mairie de la Capitale, au lendemain du tremblement de terre.

En analysant cette esquisse on observe une région durement éprouvée le long de la rivière Dâmbovița, pendant que la région SO. de la plaine plus élevée n'a eu que des avaries minimes (Chaussée des

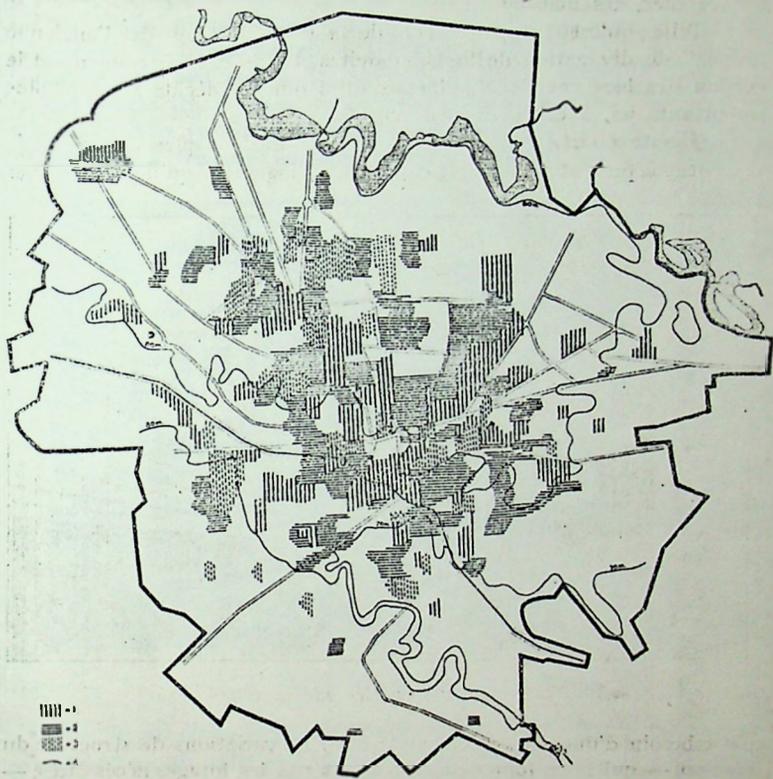


Fig. 4 Les effets du tremblement de terre à Bucaresti

1. Quartiers avec un nombre réduit d'immeubles avariés par la résume.
2. Quartiers avec immeubles avariés dont les dégâts sont réparables.
3. Quartiers avec faibles dégâts aux immeubles.
4. Courbes de niveaux.

Pandours, Calea 13 Septembrie, Chaussée de Turnu-Măgurele, Chaussée de Giurgiu, etc.). Vers le N. et l'E., dans les quartiers plus anciens, aux habitations moins solides, (Calea Călărășilor, Calea Moșilor)

les dégâts furent plus importants. De même, dans la direction N. O. (Calea Victoriei, commencement de la Chaussée Kisseloff, les grands Boulevards). Quoique la majorité des habitations soient neuves, on y trouve bien des maisons avariées.

Telle qu'est l'emplacement de la ville, le long de l'ancienne „Iunca" de divagation de la Dâmbovitza, entre la rivière même et le cordon des lacs vers le N., il était fatal que les dégâts fussent plus importants ici, à cause du sous-sol alluvionnaire.

J'évite pourtant de hasarder des explications plus amples et je me borne à présenter les faits ; car pour le diagnostic qu'il faudra fixer

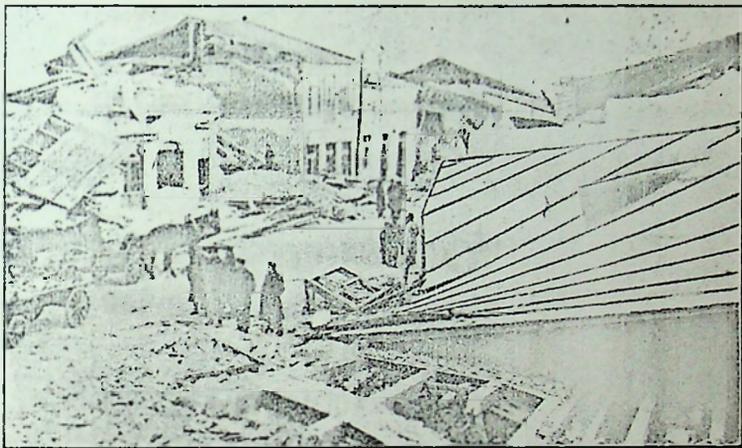


Fig. 5. Pauciu. Une rue en ruines.

on a besoin d'une foule d'éléments-tels : les variations de structure<sup>2</sup> du sous-sol — qui nous font défaut, n'ayant pas les forages nécessaires, — le degré de résistance des bâtisses et la manière dont se propagent les ondes sismiques.

Ce que je voulais démontrer c'est la grande variété d'intensité du séisme sur une surface réduite, ce qui est très visible dans notre esquisse<sup>1</sup>) où l'on trouve des intensités variant du V-e au VIII-e degré.

De même il est remarquable que les dommages sont plus grands

1. L'esquisse fut établie en collaboration avec M-elle P. Cișmileanu.

dans les régions centrales des villes, que vers les périphéries, non seulement à Bucarest, mais aussi à Plocești, Buzău, R. Sărat et surtout à Focșani, Bârlad, Tecuci. Ceci est certainement dû au fait que les maisons des banlieues, petites et sans étages, sont mieux faites pour affronter les secousses sismiques, mais aussi à celui que dans bien des villes de province, non modernisées, les maisons des rues principales (à Bârlad et Focșani p. e.) sont aussi les plus anciennes, partant les plus fatiguées, les moins résistantes.

Pour la région que nous avons étudié, nous donnons une esquisse des isoséistes du tremblement de terre du 10 Novembre 1940.

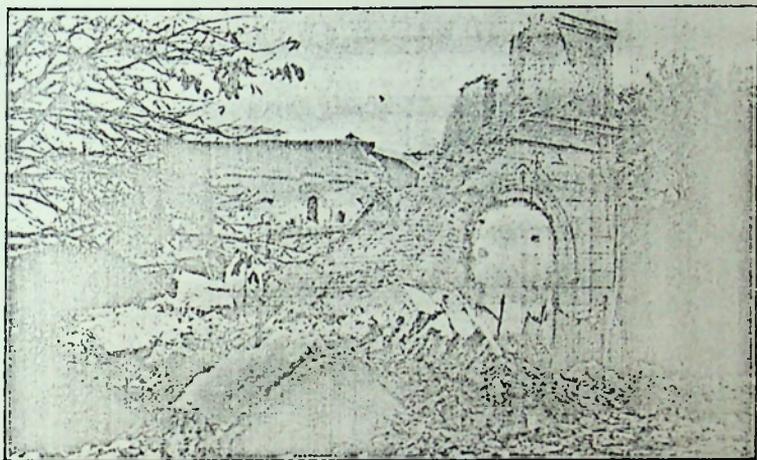


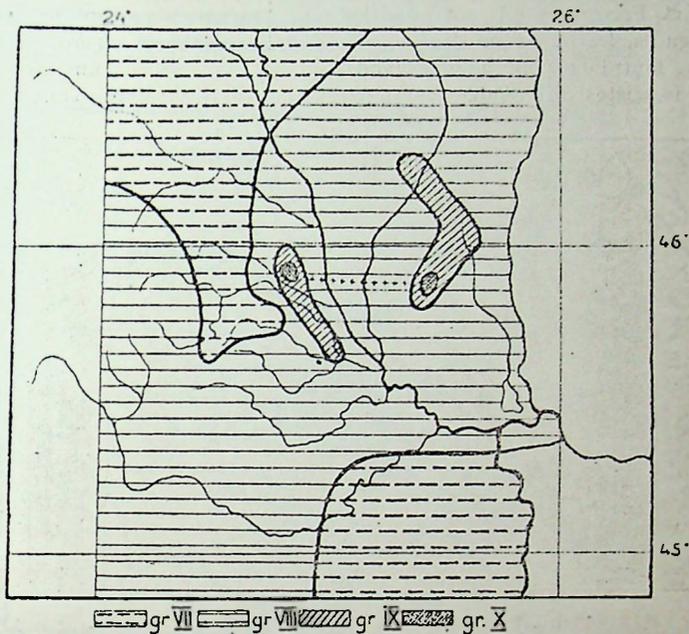
Fig. 6. Panciu. L'église, après le tremblement de terre.

Néanmoins, les variations des détails peuvent être trouvés sur la charte complète de l'Institut Géologique de Roumanie, élaborée par des spécialistes à l'aide de tous les moyens requis. Tant notre esquisse, que la charte de l'Institut géologique diffèrent sensiblement de la charte isoséistique de l'Observatoire astronomique, élaborée sur les informations et données de leurs correspondants, mais qui n'étant pas vérifiées sur le terrain, ne correspond pas totalement à la réalité.

La recherche de la région épacentrale est facilitée jusqu'à certain point par les deux esquisses qui représentent la distribution des vie-

times, pour tout le pays et la direction du choc sismique, que nous reproduisons ci-dessous.

De même, pour la description détaillée du séisme, nous prions le lecteur de s'adresser à un autre de nos ouvrages, paru récemment <sup>1)</sup> où ce problème est exposé plus amplement.



+++++ La région épiscopentrale.

Fig. 7. Esquisse des isoseistes de la région épiscopentrale.

En conclusion, nous rapportant à l'intensité du tremblement de terre, les faits démontrent qu'elle atteignit son maximum en Moldavie méridionale, la région de Vrancea n'y entrant pas; il est donc clair que c'est ici qu'il faut chercher la ligne ou l'aire épiscopentrale.

1. N. A. I. Rădulescu, *Cercetări în Moldova de Sud asupra cutremurului din 10 Noembrie 1940*; Revista Geografică Română, fasc. II—III, 1940.

Mais la morphologie et la tectonique de la région n'ont pas dit leur dernier mot.

Quoique les tremblements plutoniques semblent être à la mode, il faut reconnaître pour le macroséisme du 10 Novembre une liaison précise entre son aire d'expansion et la tectonique de l'Europe, en général, et de la Roumanie, en particulier. En effet, en superposant l'aire macroséismique du tremblement du 10 Novembre<sup>1)</sup>, (presque la même que celle du tremblement de terre de 1802) sur une esquisse tectoni-

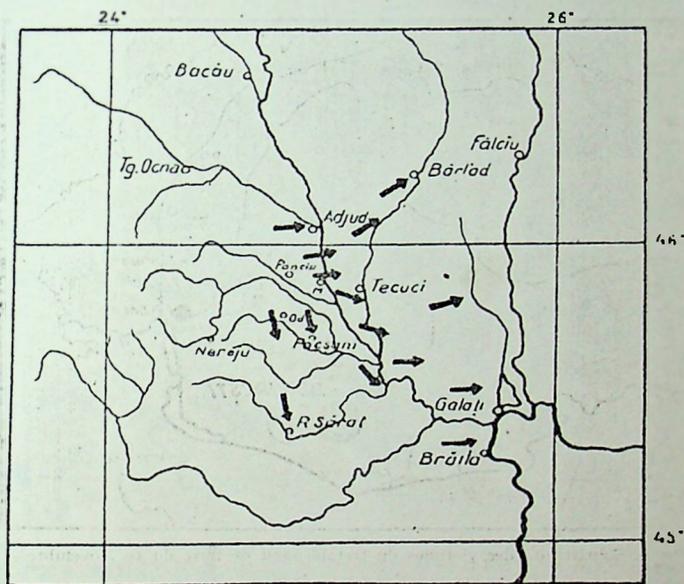


Fig. 8. Direction du choc principal du tremblement de terre du 10 Novembre 1940.

que, nous obtenons l'évidence de la liaison qui existe entre celle-ci et la puissante ligne de dislocation qui sépare le bloc de la Paléo-Europe de la Méso-Europe et de la Néo-Europe. Avec sa forme allongée, caractéristique, s'étendant entre la Mer Egée et le Golfe de Finlande,

1. L'aire macroséismique des tremblements de terre de 1802 et 1940 est tracé d'après Mr. le Prof. Ioan G. Popescu.

d'un côté et de l'autre de la dislocation citée, l'aire macroséismique met clairement en relief la liaison qu'il faut faire entre le récent tremblement et les formidables pressions exercées par la force orogénique des côtés occidentaux de l'Europe sur le bloc russe.

C'est ici, le long de cette dislocation, qu'il faut chercher l'épicentre, c'est à dire dans cette région de la Néo-Europe qui est à l'extérieur de la dernière courbure carpathique où l'on trouve une association de dislocations perpendiculaires et horizontales, situés en Moldavie du Sud.

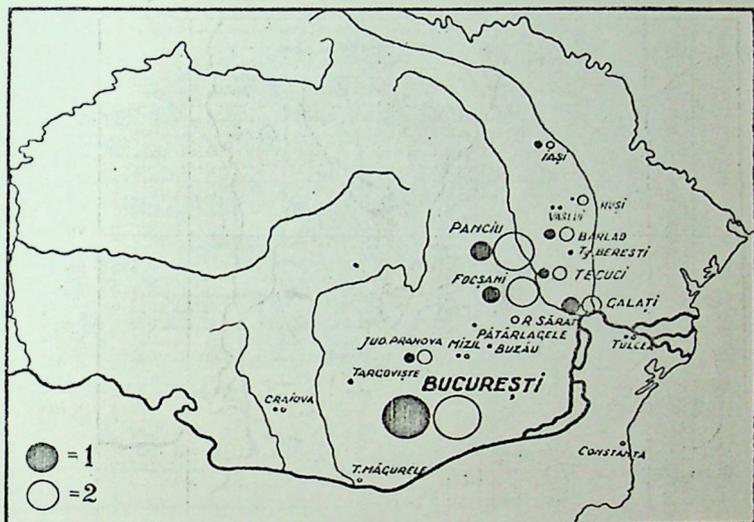


Fig. 9. Répartition des victimes du tremblement de terre du 10 Novembre  
1 = morts      2 = blessés.

Selon qu'on peut le voir sur notre esquisse détaillée, nous trouvons une série de failles longitudinales : la faille marginale du flisch, la faille péricarpathique, les deux, enfermant la zone de dépression, la ligne marginale des Souscarpathes et, probablement, une dislocation dans la direction N. S., le long du ruisseau Ger, qui sépare la plaine basse du prolongement du plateau moldave.

Nous disons „probable” parce qu'elle n'est évidente que de manière morphologique et jusqu'à présent nous ne savons si on en a ja-



La faille Panciu-Corod, cité pour la première fois par R. Sevastos<sup>1)</sup>, fait la limite entre le plateau moldave et la plaine roumaine. Claire, au point de vue morphologique, cette fracture devient aujourd'hui évidente aussi du point de vue sismique, ayant à ses deux bouts



Fig. 11. Esquisse tectonique de la Moldavie méridionale.

- 1 = Faille marginale du Flish.
- 2 = Faille pericarpathique.
- 3 = Dislocation marginale des Sous carpathes.
- 4 = Faille du Ger (probable).
- 5 = Faille du Trotuş.
- 6 = Dislocation de la Putna supérieure.
- 7 = Faille de Panciu—Corod.
- 8 = Faille de Zăbala—Focşani—Galaţi.
- 9 = Faille de Şelăriile.

les points d'intensité maxima : Panciu et Mândreşti-Corod. En d'autres termes, les plus grandes secousses ont été ressenties à l'endroit de tan-

1. R. Sevastos. *Raporturile tectonice între Câmpia română și regiunea colinelor din Moldova*. An. Inst. Geologie. V. 1, f. III, 1938.

gence de cette fracture transversale avec les deux dislocations longitudinales du Ger et du bord des Souscarpathes.

Il est remarquable que dans sa direction, plus à l'Ouest, peut-être en un prolongement de la faille Panciu-Corod, — les recherches ultérieures devront en décider — nous avons dans la région montagneuse de Vrancea, une importante dislocation dans la direction Ouest,

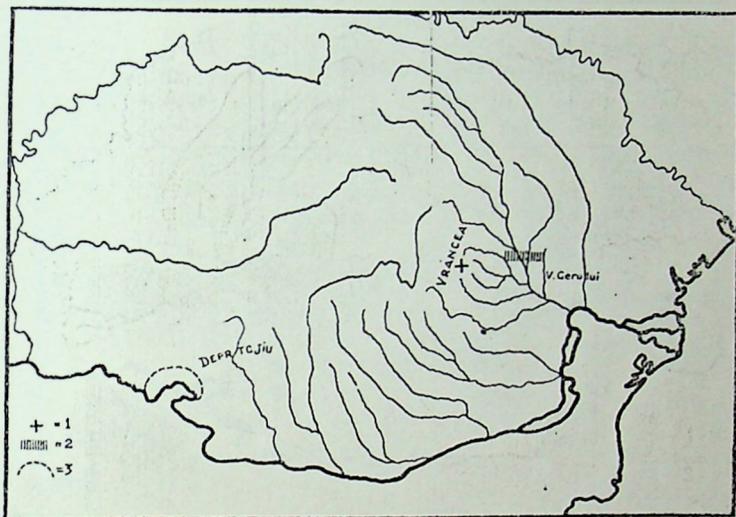


Fig. 12. Les régions de la Roumanie dont on discute dans cet article.

1 = L'épicentre mathématique.

2 = L'épicentre réel.

3 = La région sismique de „Cazane-Porte de Fer”.

qui permet à la rivière Putna de traverser la transversalement le flisch<sup>1)</sup>. En effet, les plateformes des Monts de Vrancea centrale se développent aussi dans les montagnes du Nord, mais toutes sont d'environ 400 à 440 m. plus bas, ce qui ne peut s'expliquer que par l'existence d'une fracture née du rehaussement inégal des deux blocs des montagnes citées.

Du point de vue morphologique c'est ici, en Moldavie du Sud que les Souscarpathes rencontrent la plateforme moldave et la plaine rou-

1. N. A. I. Rădulescu, *Vrancea*, București, 1937, p. 39.

maine. Cette dernière, par un quadrilatère, pénètre profondément dans le cadre du plateau, dont il est limité par la faille Panciu-Corod. Cette partie de la plaine, qui est la plus basse, se trouve en perpétuel affaissement, fait prouvé par les méandres coudes des rivières et les dépôts alluvionnaires. Elle a subi les plus fortes secousses, car c'est ici que se manifesta le maximum d'intensité du séisme. Et comme la partie

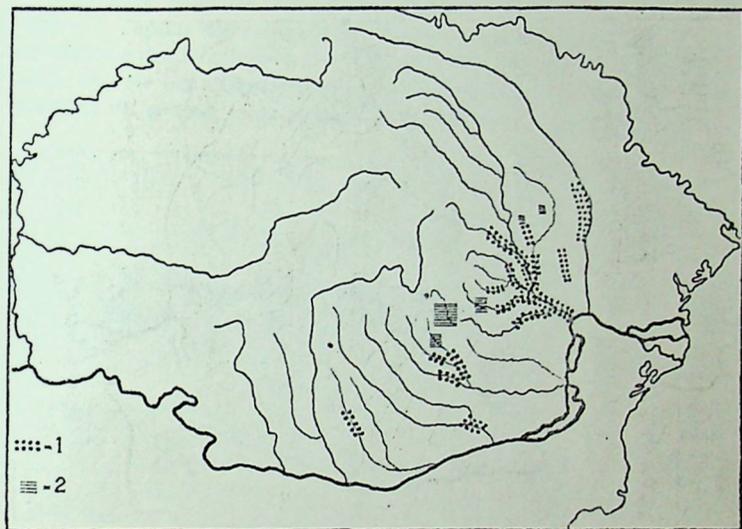


Fig. 13. Effets du tremblement de terre sur l'écorce terrestre.

- 1 = crevasses en terrasse.  
2 = glissement des couches.

du N. de la plateforme moldave est aussi, fracturée, et disposée en gradins, il en résulte que les deux blocs, séparés par la fracture Panciu-Corod, s'appuient l'un à l'autre d'une poussée réciproque — effet de l'orogénèse — dans une pression énorme qui cause, à des intervalles irréguliers, des mouvements sismiques qui sont de vraies catastrophes. Et comme les mouvements sismiques sont aussi très intenses vers le Sud de la plateforme moldave, nous avons l'indication, peut-être, que d'autres parties du plateau continuent le procès d'affaissement, dont le début date de la formation de la plaine roumaine<sup>1)</sup>. D'ailleurs le

1. G. Vălsan, *Câmpia română*, p. 64.

fait qu'à Birlad, sur le plateau, les tremblements locaux ont continué à être ressentis jusqu'à ces jours, presque 3 mois après la catastrophe, n'est pas dépourvu de signification.

Nous croyons qu'après avoir démontré les faits ci-dessus, on ne pourrait nier la liaison qui existe entre le séisme étudié et les lignes tectoniques; nous n'affirmons donc pas à tort que *le tremblement de terre du 10 Novembre 1940 fut d'origine tectonique.*

De même, à l'appui des antécédents sismiques, de l'intensité manifestée, du système des fractures de la Moldavie méridionale et même, de l'indication donnée par l'Observatoire astronomique, en ce qui concerne la direction du séisme, nous pouvons affirmer que *le tremblement*



Fig. 14. Crevasse de la „Iunca" du Sireth, à Námoloasa.  
On y voit la boue éparse.

*de terre du 10 Novembre a eu une aire épiscoptrale le long de la fracture Panciu-Corod.* Nous ne nous bornons donc pas aux deux points d'intensité maxima (Panciu) et Mândrești-Corod mais donnons à l'aire épiscoptrale une plus ample extension le long de toute la fracture, quoi qu'on y rencontre des variations d'intensité du VIII-e au X-e degré.

Nous avons dit plus haut que l'Observatoire astronomique de București avait établi l'existence d'un épiscoptré mathématique à 45°,6 latitude N. et 26°,6 longitude E. La distance entre ce point et l'épiscoptré réel n'est que d'environ 40 km. (en prenant la moitié de la distance entre Panciu et Corod). Pourtant le calcul microsismique, à la suite de la vérification macrosismique sur le terrain, n'a à subir qu'une

correction minime. Cette petite correction est absolument nécessaire si l'on pense que pour de pareils calculs, l'omission de quelques fractions, l'impossibilité d'une synchronisation *absolue* des données des différentes stations, ainsi que le comportement tout à fait spécial des couches terrestres, dépourvues d'homogénéité, exigent une correction <sup>1)</sup> que de coutume on applique à tous les calculs physiques.

N'oublions pas que la terre n'est pas une sphère parfaite, qu'elle n'est pas composée d'une pâte homogène et l'application des lois physiques, sans les corrections requises et sans vérification sur le terrain, peut conduire à des conclusions érronées.

Les données obtenues par les recherches microsismique *ne sont qu'une indication* qui a besoin d'être vérifiée et corrigée sur le terrain.

On a aussi affirmé que ce tremblement de terre était d'origine plutonique. Ce qui est étonnant c'est la *persistance* de cet épicentre dans la même région, persistance qui est l'apanage des tremblements tectoniques. Il est tout aussi étonnant que l'épicentre de ce tremblement „plutonique” se trouve justement dans la région du coude des Carpathes où l'orogénèse continue encore et où se trouvent de nombreuses dislocations locales, ainsi que la grande fracture qui sépare le bloc russe des autres formations européennes plus récentes — en d'autres termes, justement là où nous avons une *tectonique* favorable par excellence, aux macroséismes.

Tous ces faits indiquent plutôt une origine tectonique que plutonique, au tremblement de terre du 10 novembre.

\* \* \*

Les effets du tremblement de terre dont nous nous occupons furent aussi variés qu'intéressants. Nous allons en faire une énumération, autant que possible, explicative.

---

1. La détermination de l'épicentre, par méthode microsismique, mène à des erreurs allant parfois jusqu' à  $\pm 100$  km. Voilà ce que dit, textuellement, le séismologue Dr. A. Sieberg, dans cette question : „Für Fernbeben, zumal wenn ihr Herd weitab von den benutzten Seismometerstationen oder sonst ungünstig zu diesen liegt sind Unsicherheiten bis zu  $\pm 100$  Km. heutzutage noch als normal zu betrachten und solche von Hunderten kilometern nichts Seltenes. (dans *Erdbebenforschung und ihre Verwertung für Technik, Bergbau und Geologie*, Jen 1933, pp. 197).

Par conséquent, il est fort louable que l'Observatoire astronomique de Bucarest a établi l'épicentre, par calculs, avec une erreur rien que de 40 km; il n'en est pas moins vrai que cette erreur — qui, selon Sieberg, est normale — existe et qu'elle doit être corrigée conformément aux recherches macrosismiques, faites sur le terrain.

*Les glissements des couches* qui se produisent habituellement dans certaines régions de la Roumanie — les régions argileuses — furent aussi assez fréquentes lors de ce tremblement de terre qui, en rompant l'équilibre des couches instables, les força à glisser. Sur notre charte, ces glissements sont très visibles, les plus importants étant ce de la vallée supérieure du Buzău, de Fulgerești-dép. Covurlui, Motnău-dép. R. Sarat, Vultureni-dép. Tecuci, (où une colline de la vallée Berheci semble avoir été „hachée”), Pogana-dép. Tutova, etc.

Dans les régions montagneuses il y eurent certainement des éboulements de roches (grès, calcaire) ; ce phénomène fut observé aussi



Fig. 15. Crevasse sèche de la „Junca” du Sireth, à Nămolosa.

dans la plaine ou sur le plateau, où les rives de less des rivières Bârlad (dans sa partie inférieure), Pruth et Sireth s'écroulèrent en maint endroit.

Nous pouvons citer dans cette même série, les crevasses, humides ou sèches, qui se produisirent à la suite du séisme, le long des nombreuses „Junca”-s et sur les terrasses inférieures nonconsolidées, de la région que nous avons étudiée.

De pareilles crevasses s'ouvrirent sur la „Junca” et la terrasse inférieure du Pruth (Huși-dép. Fălciu), Chinejii (Tg. Bujor), Ghibărteni (dép. Covurlui), sur la vallée du Sireth (Adjudul vechi, Vadul Roșca, Nămolosa, Corbu, Sendreni, etc.), vallée du Trotuș (Urechești), vallée de la Putna (Vânători, Jorăști, Răstoaca), vallée du Rîmnic (Măicănești), vallée de la Râmna (Slobozia-Ciorăști, Gologanu), vallées de la

Ialomitza, du Cricov et de la Prahova, à la confluence de l'Arges et de la Dâmbovitza, la vallée de la Vedea, etc.

Les photographies que nous reproduisons ici font voir clairement que ce phénomène fut très impressionnant pour les habitants, qui, le lendemain de la terreur causée par le tremblement nocturne, s'aperçurent aussi que le sol s'était crevassé sur des longueurs remarquables.

Comme dimensions, ces crevasses variaient entre quelques mètres de longueur sur 2—3 cm. de largeur jusqu'à environ 250m. de longueur sur 2—3 m. de largeur. J'ai trouvé les plus grandes crevasses à Nămolosa, dans la „lunca" du Sireth. La profondeur n'en était

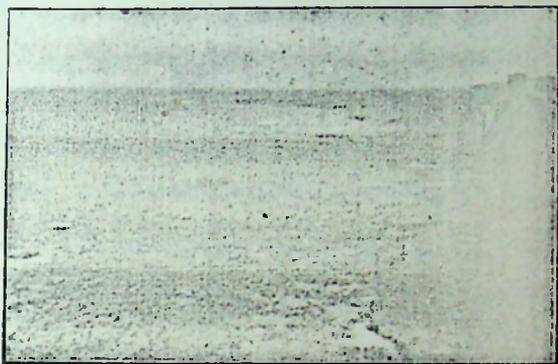


Fig. 16. Une crevasse sur la terrasse de la Putna, qui disloque la terrasse inférieure de celle intermédiaire.

visible que jusqu'à maximum 1,50 m. Dans tous les cas, cette profondeur ne pouvait dépasser la distance, prise sur la verticale, entre la surface de la terrasse et le thalweg proche (niveau de la nappe d'infiltration).

Ces crevasses s'allongent presque parallèlement au cours des rivières et se trouvent, en général, par séries à distance de quelques mètres l'une de l'autre. A l'endroit de contact entre la terrasse (ou la „lunca") crevassée et la terrasse supérieure, il y a toujours une crevasse plus importante qui constitue la ligne de séparation. En dernière analyse, ces crevasses ne sont autre chose que le résultat d'une glissade de la terrasse ou de la „lunca" vers le talweg, glissade provoquée par le choc du séisme qui, trouvant une accumulation noncon-

solidée, l'a détachée et l'a poussée dans la direction sismique, morce-

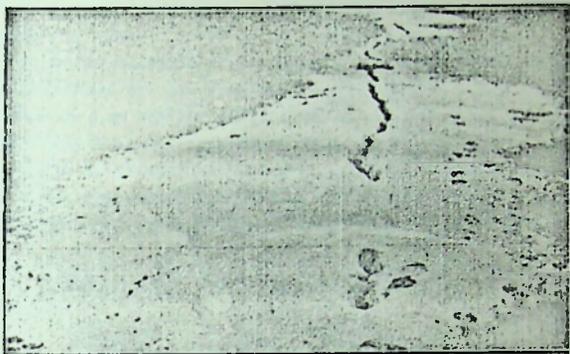


Fig. 17. Crevasse sur la terrasse de la Putna, à Vânători.  
Le sable a été rejeté des deux côtés de la crevasse.

lant la terrasse en plusieurs pièces, selon les crevasses intérieures qui sont aujourd'hui.

Les caractères généraux de ces crevasses sont les suivants :

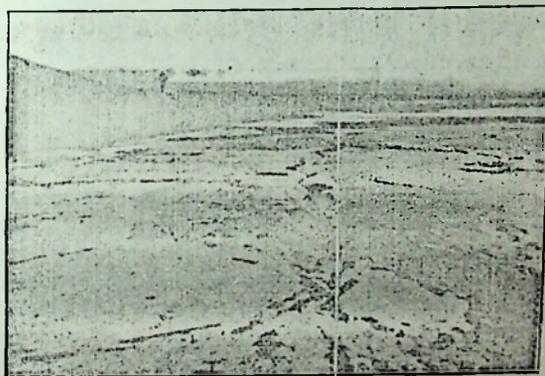


Fig. 18. Crevasse sur la terrasse de la Putna, à Vânători.

i. situées sur les terrasses inférieures, les „lunca”-s ou le côté aplati des méandres ;

2. longitudinales, en quelque sorte, parallèles au talweg.
3. aux dimensions proportionnelles avec la grandeur des vallées, terrasses ou „lunca”-s où elles se sont formées.
4. perpendiculaires, ou presque, sur la direction du choc sismique.

Certaines de ces crevasses sont sèches; mais la plus part sont humides et ont été le siège d'éruptions d'eau et de sable ou limon, colorés différemment (jaunâtre, gris, cendrée, noir).

Dans la „lunca” du Sireth, à Adjudul Vechiu ou Nâmoloasa, le sable a été répandu irrégulièrement d'un côté et de l'autre des crevasses et l'eau qui en a jailli au moment du tremblement de terre, l'a



Fig. 19. Une profonde crevasse de la „lunca” du Sireth, à Nâmoloasa.

lavé et emporté dans les flaques avoisinantes, l'y accumulant tout de leur long. Un pâtre de Adjudul Vechiu, dont la cabane se trouvait à quelques mètres de l'endroit où s'ouvrit une pareille crevasse, s'en enfuit épouvanté car l'eau qui en jaillissait de manière artésienne s'élevait presque à un mètre de hauteur. Vers le jour, les crevasses étaient encore plaines d'eau qui bouillonnait sous pression, ce qui a fait dire à bien des gens — de manière erronée, évidemment — que l'eau „bouillait”.

Dans d'autres endroits, le limon fin rejeté hors des crevasses a été déposé sous forme de petits cônes de boue, ressemblant aux salses. J'en ai trouvé les plus beaux sur la terrasse inférieure de la Putna, à Vânători, le troisième jour après la catastrophe. Sur la terrasse sil-

lonnée de crevasses (qui avaient jusqu'à 20 m. de longueur sur 35 cm. de largeur) on en trouvait quelques dizaines de ces petits volcans de boue, alignés le long des crevasses, comme des perles enfilées.

Hauts de 10 à 15 cm. ayant un diamètre d'environ 1,50 m. ces cônes, formés d'une poudre argileuse grise, en un dépôt serré autour d'un cratère d'environ 10 cm. de diamètre, paraissaient érigés par une main experte, pour servir d'éléments de micro-morphologie dans un laboratoire de géographie physique. Sur le pourtour, une espèce d'écume jaune-rougeâtre s'y était déposée et séchée, formant une couche de poudre fine d'environ 2 cm. d'épaisseur. Cette écume fit croire aux

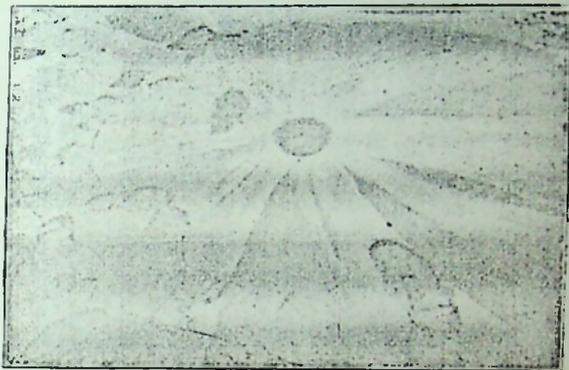


Fig. 20. Un volcan de boue sur la terrasse de la Putna.

naifs que ces „volcans" avaient craché du „souffre". Dans quelques endroits, les volcans de boue étaient isolés; dans d'autres — les plus nombreux — ils étaient associés, en série, de sorte que les cratères s'en étaient confondus, donnant de beaux cratères composés.

L'explication de ce phénomène, décrit aussi par G. Schüller en 1838 pour la même région du Sireth inférieur, est assez aisée. Le limon ou le sable a été projeté en même temps que l'eau qui a jailli de manière artésienne, au moment du détachement de la terrasse par l'effet du choc sismique. Comme la terrasse inférieure que nous venons de décrire, a une ligne de détachement à la base de la terrasse intermédiaire de la Putna, il en résulte que la première s'est affaissée sur une profondeur égale au détachement (environ 15 cm.) et a glissé vers la rivière, se crevassant en plusieurs endroits.

La nappe d'infiltration qui se trouvait au niveau de l'eau courante, sous la grande pression exercé par l'affaissement de la grande terrasse, a jailli par les crevasses, dissolvant l'argile ou entraînant le sable rencontrés en route et les déposant en cercle, à la surface. Comme preuve de cette assertion, il y a le profil fait dans le rivage de cette terrasse, qui présente dans sa stratification le même matériel que l'on trouve dans le volcan de boue. Une autre preuve à l'appui de l'explication précédente est la description faite par le Dr. F. T r u s h e i m<sup>1)</sup> de certains cônes de boue, absolument pareils aux nôtres, mais qui se produisirent dans de toutes autres circonstances que le séisme actuel,



Fig. 21. Un groupe de volcaus de boue sur la tereasse de la Putna.

c'est à dire pendant un bombardement aérien. Il s'agit d'une bombe qui est tombée dans la plaine sabloneuse de Pologne, où le terrain était formé d'un sable argileux, au grain très fin, et la nappe d'eau d'infiltration était très superficielle (environ 0,50 cm. à 1 m.).

Autour de l'entonnoir d'explosion, trois crevasses circulaires s'ouvrirent par où jaillit la boue, édifiant des cônes de boue (S c h l a m m - K e g e l) hauts de 10—15 cm. „Les cônes avaient des petits cratères ouverts au contours arrondis ou allogés, qui s'alignaient le long des crevasses comme les perles sur un fil”.

L'auteur en explique la formation par le jaillissement de l'eau d'in-

1. Dr. F. T r u s h e i m. *Fliegerbombe und Geologie*, dans „Natur und Volk”, B. 70, H. 7, Juli 1940, pp. 317—321.

filtration — sous la pression de l'explosion — qui en sortant par les fentes a construit les cônes de boue.

Voilà donc deux causes tout à fait différentes, aux effets identiques — parceque les conditions stratigraphiques étaient identiques. Il en résulte que cette explication de la formation des cônes correspond à une réalité.

Les eaux courantes ont aussi subi certaines influences. Ainsi, les eaux du Milcov étaient, dans la matinée qui suivit le tremblement de

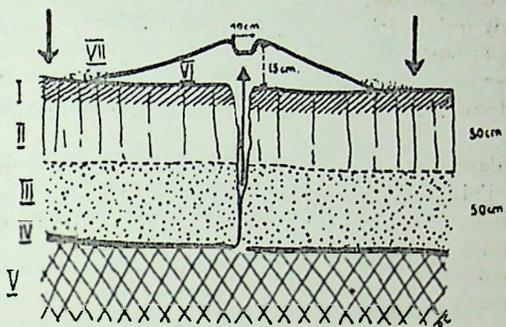


Fig. 22. Le profil d'un volcan de boue et du sous-sol respectif. I. Sol actuel; II. Limon loessoïde jaune; III. Sable jaunâtre strié d'argiles grises; IV La nappe superficielle d'eau; V Argile grise, rugueuse, à granules rougeâtres et à striures sabloneuses; VI. Le volcan de boue composé de sable et d'argile fine; VII. Ecume jaune ou rougeâtre, desséchée. Les flèches indiquent la direction d'où à jailli l'eau et de la pression de la terrasse détachée.

terre, particulièrement troubles. Les oscillations des vagues avaient entraîné une partie du limon et du sable alluvionnaire, qui avaient rendu l'eau trouble. Les eaux du Sireth, à Fundeni (département Tecuci) ont été rejetés hors de leur lit, sur la „lunca” avoisinante, vers le N. O., c'est à dire dans la direction du choc sismique. De cette manière la „lunca” fut lavée, mais sans autres dommages. Un phénomène analogue a eu lieu en 1838, quand la glace de la même rivière fut en rejeté sur la rive droite<sup>1)</sup>.

1. Dr. C. Schüller. *Raport asupra cutremurelor de pământ întâmplute în Țara Românească, în anul 1838*, dans „Buletinul Soc. Geografice Române”, anul III 1882, p. 97.

*Les fontaines* présentèrent aussi certaines anomalies. A Vulturii (dép. Putna) l'eau en a été troublée, le lendemain du séisme; ailleurs, (Răstoaca, dép. Putna) l'eau des fontaines qui avait habituellement une hauteur d'environ 1—2 m. s'est élevée jusqu'à 9 mètres, c'est à dire jusqu'aux bords. Cette eau trouble a baissé peu à peu, mais dix jours après, elle n'était pas encore arrivée à son niveau normal. Au fond des fontaines il en est resté une couche de sable, allant jusqu'à deux mètres de hauteur, qui devra être nettoyée afin que l'eau soit de nouveau potable.

Il paraît qu'à Bârlad aussi la nappe d'eau souterraine a été repoussée vers la surface, car bien des caves furent inondées.

*Des sources* nouvelles ont paru là où il y a eu des éboulements de rivages, découvrant la nappe d'eau qui était au-dessus de la couche d'argile.

Ainsi, dans un ravin (Răstoaca—dép. Putna), nommée „Valea Argintului”, j'ai trouvé plusieurs sources qui ont jailli par les vides laissés par le lœss qui s'était effondré jusqu'à la couche d'argile imperméable.

*Considérations anthropogéographiques.* Il va de soi que les hommes, qui ont passé par des moments de panique au moment du premier tremblement de terre et surtout le lendemain, quand ils en ont constaté les ravages, sont restés avec une peur croissante à mesure que les tremblements de terre-répliques, qui sont habituels en de pareilles circonstances, — ont continué à se produire pendant quelque temps. Il y en avait certaines personnes d'une sensibilité plus accentuée, qui affirmaient sentir la terre vibrer continuellement sous leurs pieds. Au moindre bruit, les habitants quittaient les maisons et ne se décidaient à y rentrer qu'avec beaucoup de peine.

A cette occasion, toute une série de „voyants” a paru dans le pays, ayant beaucoup de succès auprès de nos paysans superstitieux; bien d'oppressantes journées ont passé villageois et citadins — à la suite de ces prévisions — en attendant un cataclysme qui devait se produire à date fixe.

Ces naïvetés ont été renforcées par certains correspondants de presse qui ont annoncé la découverte de certains „volcans aux émanations sulfureuses” ou des éruptions gazeuses, pétroliphères, etc. Une paysanne du département de R. Sărat expliquait doctement à qui voulait l'entendre que le tremblement de terre s'était produit à cause „d'un volcan qui s'efforçait de sortir”.

Les habitants de Vrancea furent les plus terrorisés et — en ceci,

victimes des gazettes — ils sont restés persuadés que sous le sol de leur région il y a un volcan qui, un beau jour les fera tous sauter.

Mais en dehors des naïvetés et des superstitions inhérentes aux gens et aux événements, le tremblement de terre fit apprendre à tout le monde certaines choses ignorées jusque là. Ainsi, l'on s'aperçut que les constructions de styles importés, surchargées d'ornements inutiles, ne pouvaient résister à un cataclysme sismique.

Les maisons paysannes, en bois et couvertes de chaume ou de bardaux, n'ont presque rien souffert. Par contre, toutes les constructions de briques, dépourvues d'un squelette en béton armé, ont été sérieusement avariées sinon totalement démolies.

Après un ou deux jours de désorientation, les hommes commencèrent à retrouver un peu de calme et retournèrent au travail quotidien. Les maisons furent réparées à la hâte ; tous s'improvisaient constructeurs et mirent à contribution sérieuse l'esprit inventif.

Je me rappelle qu'à Panciu, le troisième jour après la catastrophe, aux milieu des ruines et des habitants ahuris qui n'osaient entamer le déblayement des décombres, un marchand de légumes s'était installé là où avait été le marché et attendait patiemment ses clientes auprès d'une brassée de légumes qu'il avait déposé sur une caisse vide.

C'était la vie qui — après cette épreuve — reprenait de nouveau ses droits.

Et de la sorte, ainsi que dans les régions volcaniques, ici dans une des régions sismiques, aussi hostile que se serait montrée la terre, l'homme qui y est attaché y retourne avec soumission et reprend son travail avec la même confiance.

## 555. LE TREMBLEMENT DE TERRE DU 10 NOVEMBRE 1940 ET LES BÂTIMENTS

par AUREL. A. BELEŞ ingénieur  
Professeur à l'Ecole Polytechnique de Bucarest,  
M<sup>r</sup>. A. S. R.

Les suites les plus terribles des tremblements de terre sont constituées par la destruction des constructions, qui anéantit en quelques secondes, sur des régions parfois très étendues, le travail et les biens accumulés par des générations, en causant en même temps la mort d'une nombreuse population. Par conséquent, l'un des problèmes les plus importants qui se pose aux constructeurs dans les régions sujettes aux tremblements de terre, c'est d'étudier les possibilités de réduire au minimum les dégâts causés par les tremblements. En Roumanie ce problème n'a pas été envisagé jusqu'à présent, parce que les tremblements qui ont secoué notre pays, n'ont généralement pas eu une grande intensité, au moins pendant les derniers cents ans. Cependant, le tremblement du 10 Novembre 1940, par les dégâts causés dans tout le pays, par les nombreuses morts semées tout au large de la région affectée par le tremblement et surtout, par les graves accidents causés à Bucarest, où s'effondra l'un des plus grands bâtiments de la ville, a posé sous une forme très sérieuse le problème de la protection des bâtiments contre l'effet des tremblements de terre.

Mais, afin de pouvoir établir les mesures à prendre pour protéger les constructions contre les actions macroséismiques, il faut d'abord pouvoir mettre sous une forme mesurable l'action des tremblements et, ensuite il faut établir les phénomènes mécaniques qui provoquent la destruction des constructions.

Pour mesurer l'intensité des tremblements, Mercalli et Cancani ont établi une échelle, modifiée par Sieberg, qui comprend 12 degrés. Les gradations sont établies d'après l'effet sur les hommes et sur les bâtiments, et au point de vue mécanique, l'in-

tensité est appréciée par l'accélération horizontale maximum produite par l'onde sismique.

On sait qu'un tremblement de terre est produit par une succession de vibrations de l'écorce terrestre, qui produit un déplacement des différents points de la surface terrestre et modifie leur position relative par rapport au centre de la terre. Ces vibrations qui sont, dans leur ensemble bien compliquées, ont été réduites à 4 types d'ondes caractéristiques :

1. Les ondes longitudinales qui produisent des compressions et des dilatations successives de l'écorce terrestre.
2. Les ondes transversales qui produisent seulement des chan-

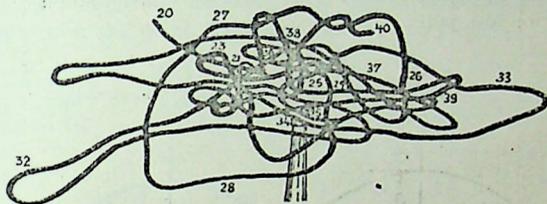


Fig. 1

gements de position des particules de l'écorce sans changement de volume.

3. Les ondes dites de R a y l e i g h qui naissent dans les surfaces de séparation des différentes couches, constituant l'écorce. Ces ondes sont le résultat des deux premières ondes et sont polarisées dans le plan vertical à la surface de la terre.

4. Les ondes dénommées ondes de L o v e, qui se produisent à cause de l'hétérogénéité de l'écorce terrestre.

Le mouvement d'un point matériel de la surface de la terre est la résultante du complexe parfois inextricable de pareilles ondes et la figure ci-jointe, nous donne l'image du parcours décrit par un point du sol, tel qu'il a été reconstitué par A. S e k e y a, pour le tremblement de terre du 15 Janvier 1887 à Tokio. (Génie Civil 1909 pag. 306).

L'intensité d'un tremblement de terre dans une même région, n'est pas uniforme pour toute l'étendue de la région elle dépend en premier lieu de la distance du centre d'ébranlement et en second lieu de la constitution et de la nature des couches constituant le sous-sol et enfin,

de la présence de la nappe d'eau souterraine. Les roches cristallines de même que les couches homogènes de grande profondeur réduisent l'intensité de l'effet macroséismique, tandis que les terrains faibles alluvionnaires ou de faible épaisseur peuvent amplifier considérablement l'effet du tremblement.

Afin de pouvoir introduire dans le calcul l'effet des ondes séismiques, elles ont été assimilées aux vibrations de forme sinusoïdale du type

$$y = a \sin \frac{2 \pi}{T} t$$

où  $y$  est le déplacement d'un élément soumis à l'oscillation durant le temps  $t$ ,  $a$  l'amplitude maxima,  $T$  la durée d'une oscillation complète. L'accélération du point considéré est donnée par

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = -a \frac{4 \pi^2}{T^2} \sin \frac{2 \pi}{T} t$$

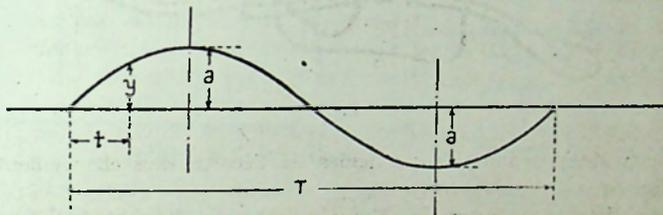


Fig. 2

dont la valeur maximum absolue est

$$\gamma = a \frac{4 \pi^2}{T^2}$$

La direction de l'accélération dépend du type d'onde et de sa position par rapport à la surface de la terre. Généralement, on décompose l'accélération en une composante verticale et une horizontale. La composante verticale a pour effet de majorer ou de diminuer l'action de la pesanteur, tandis que la composante horizontale tend à donner au sol et au bâtiment un mouvement horizontal. Généralement, l'action de la composante horizontale est la plus importante; c'est pourquoi elle a été adoptée comme mesure pour l'effet des tremblements dans l'échelle de Mercalli-Cancani-Sieberg.

Si l'on pouvait déterminer la valeur de l'amplitude maxima et la durée des oscillations pendant un tremblement de terre on pourrait établir, à l'aide de l'équation citée plus haut, l'intensité de l'accélération maxima et par suite, les éléments mécaniques nécessaires pour procéder à l'étude du calcul des constructions.

Pour des petites intensités, les séismographes modernes sont en état de nous donner les éléments nécessaires pour déterminer l'accélération définie plus haut. Mais pour les oscillations qui caractérisent les tremblements d'une intensité plus grande, qui produisent des dégâts aux bâtiments, les séismographes usuels se dérangent dès les premières secousses et ne peuvent plus nous donner des enregistrements.

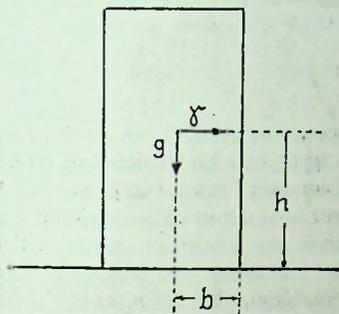


Fig. 3

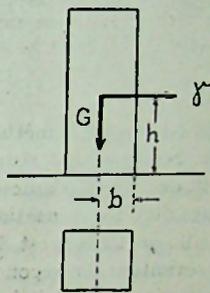


Fig. 4

On a imaginé des méthodes permettant d'établir l'accélération horizontale, cependant les résultats n'ont pas été satisfaisant.

Ainsi C. D. West a proposé, et Galitzine a réalisé, un dispositif comprenant des parallépipèdes de différentes hauteurs, placés debout et qui sont renversés progressivement par l'effet de l'accélération horizontale produite par l'onde séismique. D'après l'hauteur des blocs renversés, on pourrait déduire l'intensité de l'accélération à l'aide de la formule

$$\gamma = \frac{g b}{h}$$

où  $\gamma$  = l'accélération horizontale,  $b$  la demilargeur du prisme,  $h$  la demi hauteur, et  $g$  un coeficiant approché de l'accélération de gravitation. A cause des phénomènes d'oscillation, et de leur variation rapide les résultats ne sont pas concluant. (Fig. 3).

Omory, le célèbre savant japonais a proposé de déduire la valeur de l'accélération par l'observation des corps renversés à l'aide de la formule

$$\gamma = \frac{W g \sigma}{h G}$$

on  $V$  est l'accélération horizontale,  $W$  le module de résistance de la section rompue,  $T$  la résistance à la traction du matériel rompu,  $G$  le poids de la pièce renversée,  $g$  l'accélération terrestre,  $h$  la hauteur du centre de gravité au dessus de la section rompue. (Fig. 4)

Ni cette méthode qui n'est d'ailleurs qu'approximative, ne donne des résultats satisfaisants, vu la difficulté de déterminer les éléments de résistance nécessaires.

\* \* \*

Ni d'autres méthodes proposées, n'ont donné des résultats satisfaisants, et on est réduit encore à apprécier l'intensité d'un tremblement de terre à l'aide de l'observation des dégâts causés sur les bâtiments ou de la sensation produite sur les hommes. C'est évident qu'une pareille méthode, est bien subjective et dépend en premier lieu de l'observateur, en second lieu intervient la qualité des bâtiments, comme conception, dispositif, qualité du matériel, exécution, etc.

C'est cette méthode qui a été utilisée pour apprécier que l'intensité du tremblement de terre, qui a sécoué la ville de Bucarest le 10 Novembre 1940, a été du 9-ème degré d'après l'échelle Sieberg, ce qui correspond à une intensité de l'accélération horizontale de 50 cm/sec<sup>2</sup> à 100 cm./sec<sup>2</sup> c'est à dire à une force horizontale équivalent au dixième de la pesanteur.

Pour dimensionner les bâtiments contre l'action des tremblements de terre, les prescriptions officielles imposent de vérifier les constructions à l'action de forces horizontales égales au vingtième ou au dixième de la charge verticale correspondante. Cette mesure généralement, adoptée est insuffisamment justifiée jusqu'à présent.

Aussi, afin de pouvoir expliquer les causes des dégâts observées lors du tremblement de terre du 10 Novembre et d'en tirer les conclusions pour l'avenir, nous voulons examiner de plus près les phénomènes mécaniques, qui engendrent les dégâts des bâtiments.

Pour nous faire une idée générale du phénomène mécanique, faisons une première approximation et assimilons un bâtiment à une

barre verticale, ayant une masse uniformément répartie sur toute sa longueur. Remarquons encore que le début d'un tremblement est marqué par une secousse ressentie dans le bâtiment. Cette secousse est l'effet sur les fondations de l'ouvrage, du mouvement de l'écorce terrestre.

On peut, par conséquent, admettre que le phénomène subit par un bâtiment est analogue à l'effet d'un choc appliqué à l'extrémité de la barre, à laquelle nous avons assimilé le bâtiment.

Or, si l'on applique un choc à l'extrémité d'une barre verticale libre, la barre tend à recevoir un mouvement auquel s'opposent les forces d'inertie. La distribution des forces d'inertie est linéaire ainsi que l'indique la figure ci-jointe. Sous l'action de ces forces d'inertie, des

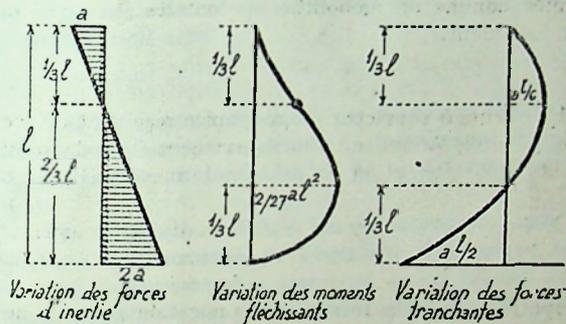


Fig. 5

moments fléchissants et des forces transversales se produisent tout le long de la barre et leur distribution est représentée sur le diagramme (Fig. No. 5).

Ainsi qu'il résulte de ces diagrammes, le moment fléchissant maximum a lieu au tiers de la longueur de la barre, ce qui explique pourquoi dans les bâtiments ayant plusieurs étages, les dégâts principaux sont produits au 1-er et 2-ème étage.

Si l'on voulait tenir compte que la construction n'est pas libre à sa base, on pourrait admettre un encastrement; ce qui aurait pour effet de déplacer le point d'action du choc, à une certaine profondeur sous le niveau du sol, ce qui abaisserait le diagramme et déterminerait certains changements dans la distribution des moments, dans la

région encastrée, mais ne produirait pas un grand changement dans la distribution générale des moments et des forces transversales.

La première conclusion à tirer de l'observation que le moment fléchissant croît avec le carré de la longueur de la barre, est que pour diminuer l'effet des tremblements, il faut réduire la hauteur des bâtiments. C'est d'ailleurs une disposition qui a été généralement adoptée dans toutes les régions séismiques.

Passons maintenant à l'examen de l'effet des forces d'inertie sur les bâtiments, et séparons les bâtiments dans les 2 classes caractéristiques : bâtiments à squelette en fer, béton armé ou même bois, qui est caractérisé par la résistance aux forces horizontales et réactionne comme un bloc monolithe, et bâtiments en maçonnerie qui à cause de la résistance très faible du matériel à la traction ne peuvent pas actionner comme un monolithe et dont les éléments constitutifs travaillent isolément.

\* \* \*

Les bâtiments à squelette de résistance reçoivent un mouvement oscillatoire général, l'amplitude du mouvement étant la résultante du déplacement de la fondation et de la déformation élastique du matériel.

On a essayé d'établir les équations du mouvement, mais les équations différentielles de l'équilibre dynamique sont très compliquées et ne peuvent être intégrées, qu'en faisant une série d'hypothèses simplificatives. Des formules d'application générale ne peuvent pas être établies et les équations doivent être résolues pour chaque cas séparément. Un danger pourrait être occasionné si les oscillations du bâtiment seraient en résonance avec celles du sol. Il paraît que pour les bâtiments ce danger n'est pas probable. En échange pour les tours, comme par exemple les phares ou les cheminées des usines le phénomène de résonance pourrait se produire.

Séparément de l'oscillation générale du bâtiment, chacun des éléments constitutifs du squelette, c'est à dire, les piliers, les poutres, les dals, reçoivent une vibration propre, dont l'amplitude et la période sont très différentes, étant en fonction du coefficient d'élasticité, du moment d'inertie, de la forme, des dimensions et des liaisons entre les différentes parties. Les calculs et les expériences indiquent que les différences entre les périodes des oscillations propres et celles des ondes macroséismiques sont assez marquées, pour qu'il n'y est pas à craindre des phénomènes de résonance. Cependant, sous l'action des

efforts secondaires, des résistances supplémentaires peuvent se produire dans les barres, résistances qui peuvent être la cause de la destruction des barres. Spécialement dans les piliers soumis à la compression, les excentricités provoquées par les déplacements transversaux dus aux vibrations peuvent créer des efforts supplémentaires, de très grande valeur.

En résumé, dans les bâtiments à squelette de résistance les ondes sismiques, provoquent une secousse, pouvant développer des moments fléchissants ou des forces tranchantes dangereuses pour le bâtiment, suivi de mouvements oscillatoires de l'ensemble du système qui peuvent produire aux points d'attache des barres du système des sollicitations importantes et des oscillations propres, des pièces, engendrant des efforts, qui peuvent atteindre des valeurs dangereuses.

\* \* \*

A Bucarest, une grande partie des bâtiments à squelette, ont bien résisté. Ceux à ossature métallique ou en béton armé, dimensionnés et exécutés selon les prescriptions officielles allemandes, n'ont pas eu des dégâts. En échange toute une autre série de bâtiments en béton armé ont souffert de graves avaries, quelque-unes même très graves, le point culminant étant atteint par l'effondrement du grand immeuble connu sous le nom de „Carlton”.

Parmi cette dernière série de bâtiments, on trouve, au premier lieu ceux remarquables par leur grande hauteur. Commencant avec le Carlton, qui avec ses 47 m. de hauteur était l'une des plus hautes maisons de la ville, les autres blocs tels que Belvedere de la Rue Brezoianu, Wilson, Lengyel, Pherekide, Broșteni, Gălășescu se distinguaient par le nombre remarquable d'étages, 9—12 étages.

Un défaut caractéristique de ces immeubles, était une série de dérogations aux prescriptions de la Circulaire officielle allemande, pour les constructions en béton armé, tel que : résistance trop grande dans les piliers, entre 60 et 80 kg/cm.<sup>2</sup>, et même plus, pourcentage trop réduit des armatures dans les piliers, généralement sous 0,8% et 0,5%, diamètres trop faibles des armatures longitudinales, étriers trop minces et beaucoup trop espacés, une qualité de béton défectueuse, exécution négligente et toute sorte d'autres défauts forts variés.

Les squelettes de ces bâtiments, présentaient des avaries aux piliers soit aux extrémités, soit sur leur parcours. Pour ceux endommagés sur leur parcours, les dégâts se trouvaient principalement au rez-de-chaussée et étaient caractérisés par l'écrasement du béton avec

un flambement des armatures longitudinales. J'attribue ces dégâts à l'action d'un flambement dynamique des piliers. Pour les autres, les avaries du squelette étaient limitées généralement au 1-er et 2-ème étage, et avaient comme caractéristique la destruction du béton au niveau du plancher avec flambement des armatures. Ces destructions peuvent être attribuées à l'action des moments fléchissants produits par les forces d'inertie.

Enfin, on remarque encore la fissuration des poutres transversales, qui peut être attribué aux efforts tangentiels développés pendant l'oscillation du bâtiment.

En ce qui concerne la maçonnerie de remplissage, elle a souffert généralement des dislocations et des fissurations, dont nous donneront plus loin l'explication. Elles doivent être attribuées au manque de résistance à la traction et de liaison entre la maçonnerie et le béton armé.

Les bâtiments où la maçonnerie a été exécuté en même temps que le béton armé, se sont très bien comportés.

A cette occasion, examinons de plus près l'effondrement du bloc Carlton, qui constitue l'un des plus graves accidents enregistré dans l'histoire du béton armé. Ce bâtiment qui comprenait 2 sous-sols, 1 rez-de-chaussée, un entre-sol, 11 étages, s'effondra, d'après les déclarations des témoins oculaires dès les premières secousses du tremblement, et l'effondrement fut si complet que, à part une partie de la salle de cinéma, qui constituait une annexe au bâtiment, rien ne resta debout de toute la construction.

L'immeuble qui, s'étendait sur 2 rues: le boulevard Brătianu et la rue Regală était dominé par une tour de 47 m. de hauteur placé, au coin des deux rues et avait 2 ailes dont l'une de 36,50 m. de hauteur vers le Boulevard et l'autre de 30 m. de hauteur vers la rue Regală. D'après les déclarations des témoins qui assistèrent à l'écroulement, dès les premières secousses, le bâtiment sembla s'engouffrer dans la terre, ensuite il se gonfla vers le milieu et enfin, s'effondra. La destruction a été complète et je crois que l'histoire des accidents a rarement enregistré une destruction si complète d'un bâtiment. A part une partie du cinéma, de tout l'immeuble seulement quelques piliers adossés aux maisons voisines restèrent debout; tout le reste ne forma qu'un enchevêtrement de ferrailles, béton, briques, meubles, etc. C'est pourquoi il est très difficile d'établir la cause précise de cet accident si grave et dépendent si intéressant.

Une vérification des projets conduisit à la conclusion que les

calculs étaient bien faits, mais que les dimensions des différentes pièces du squelette en béton armé, n'avaient pas été établies avec le respect des prescriptions de la Circulaire allemande, généralement adoptée dans notre pays. Il y avait spécialement quelques dérogations aux prescriptions ainsi que : un pourcentage trop faible des armatures des piliers, des diamètres trop faibles pour les fers longitudinaux, résistances qui dépassaient les limites admises etc., défauts qui diminuaient le coefficient de sureté, mais ne pouvaient pas être la seule cause du désastre. Deux erreurs de conception dans la disposition du squelette, imposé à l'ingénieur par l'architecture mercantile si répandue aujourd'hui, ont eu un rôle capital dans l'écrasement. L'une consiste dans la section inusité de quelques piliers qui sont d'ailleurs visibles encore maintenant, tombés debout, dans le sous-sol. Ces piliers avaient au rez-de-chausée des largeurs de 22 à 24 centimètres, dimensions justifiés pour obtenir une plus grande place pour les vitrines des magasins. L'autre est le manque de continuité des piliers. A partir du III-ème et IV-ème étage, toute une série de piliers inférieurs ont été interrompus et de nouveaux piliers ont été érigés ayant pour support des poutres. Ces poutres cependant, s'appuyaient sur d'autres poutres, qui reposaient à leur tour sur d'autres poutres et ainsi de suite. On pouvait trouver jusqu'à 4 supports successifs, supportant des piliers, qui s'élevaient sur 5—6 étages. Une pareille succession de supports était évidemment trop élastique, et les résistances occasionnées par l'action dynamique produite par les oscillations de l'édifice ont assurément surpassés les valeurs admissibles.

En ce qui concerne la qualité du matériel, les analyses et les essais effectués au laboratoire, sur des pièces qui ne présentaient pas des altérations visibles dû au choc causé par l'effondrement, ont indiqué que ni la qualité du béton ni le dosage du ciment n'étaient en dessous de ce qui est généralement utilisée pour les bâtiments.

Ni l'exécution ne releva pas de défauts plus graves que ceux que l'on peut observer chez un grand nombre de pareilles constructions. Et pourtant, cet immeuble fut le seul qui s'écroula ; comment peut-on expliquer alors cet accident?...

C'est certain que tous les défauts indiqués plus haut, ont contribué à réduire sensiblement le coefficient de sureté et à rendre très sensible le bâtiment aux efforts produits par le tremblement de terre. A ceci il faut encore ajouter sa position désavantageuse par rapport à la direction de l'onde séismique, sa situation à l'extrémité de 2 séries de hautes maisons, et la présence de la nappe d'eau souterraine à une

petite profondeur sous les fondations, qui d'après ce qui est connu, intensifie l'effet du tremblement.

L'explication que l'on peut donner à cet effondrement serait selon mon avis la suivante. Sous l'action des premières secousses, les piliers trop minces du rez-de-chaussée et de l'entresol, n'ont pu résister aux forces tranchantes provoqués par les forces d'inertie et ont été arrachés et déplacés sur la plaque constituant le plancher. Celui-ci trop faible pour pouvoir supporter la charge de ces piliers qui dépassaient 200 tonnes, a été transpercé par les piliers qui passèrent ainsi au sous-sol, comme le montre la photographie (Fig. 6). Dans la figure, à côté du pilier du sous-sol, on voit le pilier du rez-de-chaussée avec les armatures arrachées et déformées par le déplacement latéral, et près de lui, le pilier de l'entre sol tous les deux debouts en position à peu près verticale.

La partie supérieure de l'édifice, n'étant plus soutenue a commencé à s'affaisser. En même temps les piliers soutenus par des poutres ; à cause des efforts dynamiques produits dans celles-ci, les brisèrent et l'immeuble éclata au milieu et s'engouffra entraînant sous ses débris plus de 100 habitants.

\* \* \*

Examinons maintenant l'effet du tremblement sur les bâtiments en maçonnerie. On sait que le défaut principal de la maçonnerie est son manque de résistance à la traction. C'est pourquoi les éléments de résistance en maçonnerie sont disposés afin de supporter seulement des efforts de compression.

Tant que des charges verticales seules interviennent, il n'y a généralement rien à craindre, car la résistance à la compression de la maçonnerie, même sans mortier est assez grande. Mais dès que des forces horizontales interviennent, des efforts de traction et des efforts tranchants prennent naissance et la maçonnerie seule ne peut généralement pas résister.

Un remède contre ce défaut de la maçonnerie est constitué par les tirants en fer et les ceintures en béton armé que l'on dispose à la hauteur de chaque plancher. De très bons résultats sont obtenus par la disposition des planchers en béton armé qui constituent une liaison générale des murs et qui par leur rigidité donnent un contreventement solide à toute la construction.

Cependant, nous devons remarquer que même les maçonneries au

mortier de chaux doivent présenter une résistance appréciable à la traction, quand elles sont exécutées en bonnes conditions. D'après les prescriptions officielles allemandes, la résistance à la traction après 56 jours pour un mortier à la chaux doit être de 3 kg./cm<sup>2</sup>. Généralement, à cause de la qualité inférieure du mortier, du sable trop fin et argilleux et surtout de la main d'oeuvre négligente, la résistance à

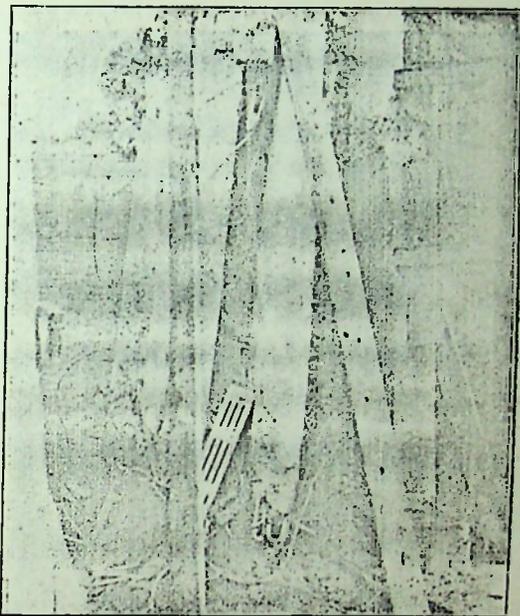


Fig. 6

la traction du mortier est à peu près nulle. Les mortiers auxquels on a ajouté une certaine quantité de ciment, présentent une résistance beaucoup plus élevée.

En général, les bâtiments en maçonnerie ayant les planchers en béton armé, bien conçus et bien exécutés, ont résisté très bien au tremblement. Beaucoup n'ont présenté aucune avarie. Toute la construction s'est comportée comme un monolithe et a supportée très bien les efforts de traction.

Cependant, les constructions où la repartition des charges était mal équilibrée, comme c'est le cas de la figure ci jointe, ont présenté des avaries bien graves. Ainsi que l'on peut remarquer les charges verticales de l'aile droite, ne peuvent être transmises directement aux fondations à cause de la fenêtre, qui s'interpose au niveau du rez-de-chaussée. De même, j'ai eu l'occasion d'examiner des bâtiments en maçonnerie, où une exécution laissant beaucoup à désirer a été la

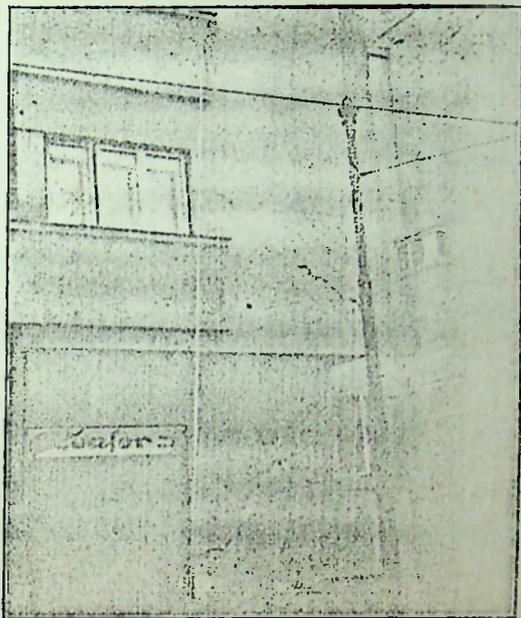


Fig. 7

cause d'une désagrégation générale de la maçonnerie, comme ce fut la cas d'une maison de grand luxe à peine terminée dans la région de la chaussée Kisseleff.

Les constructions ayant des planchers en bois ou en traverses métalliques se sont comporté en général beaucoup plus mal. La cause doit être attribué au manque à peu près général des tirants, et à la séparation des murs par les appuis des poutres. Ces bâtiments n'ont

pas réactionné comme des monolithes et les différents murs on oscillé séparément.

Si l'on considère un mur vertical soumis à une vibration, la période d'oscillation sera donné par une formule du type

$$T = \frac{K}{h} \sqrt{\frac{EI}{\mu}}$$

où K est un coefficient fonction du mode de sollicitation,  $h$  la hauteur, E le coefficient d'élasticité, I le moment d'inertie de la section trans-

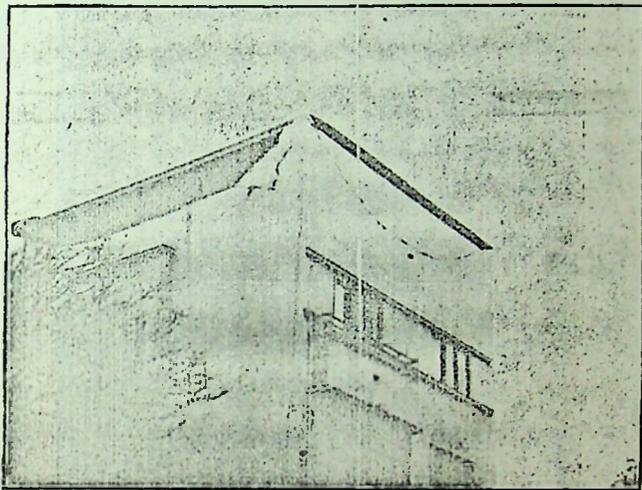


Fig. 8

versale et  $\mu$  le poids du mur par unité de longueur. Remarquons que le coefficient E varie pour le même type de maçonnerie d'après la qualité et l'état du mortier, de celle des briques, de la main d'oeuvre, que I dépend de l'épaisseur du mur, des ouvertures, et qu'enfin les murs d'une maison sont reliés aux murs avoisinant et nous pourrions conclure que les différents murs ont pris des périodes différentes de vibration. Cette différence d'oscillation a été la cause des efforts de traction accentués surtout vers les bords des murs ce qui produit dans ces régions des crevasses. Quelque fois, les oscillations des panneaux de murs étant trop grandes ont causé leur chute,

d'autres fois les panneaux sont restés debout et seulement le coin du mur est tombé. Généralement, les combles, qui étant libres à leur extrémité ont oscillé plus fortement ont été sujets à des ruptures.

De même les murs des étages des bâtiments ayant les planchers en bois, ont beaucoup souffert à cause des appuis des poutres qui ont diminué la section de résistance de la base du mur de l'étage et ont

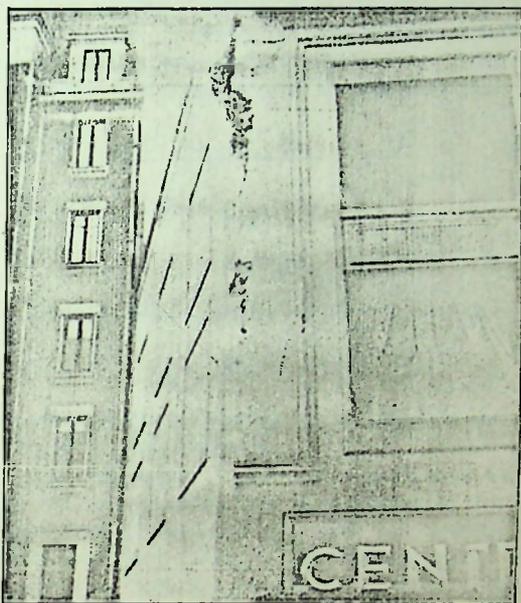


Fig. 9

ainsi favorisé les oscillations et par suite la désagrégation de la maçonnerie.

Une forme caractéristique de rupture des murs a été la fissuration en diagonale, surtout pour les murs de remplissage dans les panneaux en béton armé. Cette rupture a été causé par une sollicitation horizontale du mur, produite dans le plan même du mur.

Un mur de forme rectangulaire A. B. C. D. sollicité par le couple F. -F. est déformé en A'B'C.D. ; le matériel étant soumis à une trac-

tion suivant la diagonale  $CB'$ , il en résultera des crevasses de direction A. D.

Quand par suite de l'oscillation la force  $F$ . change de sens, le phénomène se produit dans l'autre direction et il en résultera des crevasses de direction C. B.

De même les crevasses qui se sont produites au-dessus des ouvertures des portes ou fenêtres dépourvues de linteaux résistants sont causées par le manque de résistance à la traction de la maçonnerie.

Les voûtes, surtout les voûtes surbaissées ont généralement souffert. Les clefs des voûtes sont parfois tombés et on été souvent disloquées. Des crevasses sont apparus vers la naissance des voûtes. Ces

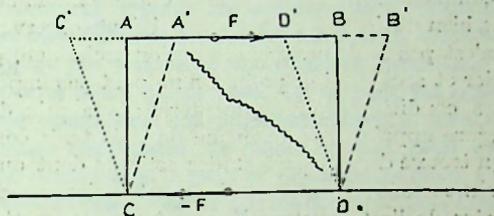


Fig. 10

dérangements peuvent être expliqués par le déplacement des appuis, qui rompit l'équilibre des voussoirs.

Enfin il faut remarquer encore que des fissures sont apparues partout où un manque d'homogénéité interrompait la transmission régulière des vibrations. C'est ainsi que tous les linteaux en bois, et même en béton armé ont présenté des fissures à leur contour, de même le squelette en bois des panneaux se dessina complètement.

Parfois les briques, placées sans liaison suffisante dans les creux laissés par les échafaudages furent disloquées et projetées au dehors.

Les oscillations provoqués dans les consoles causèrent la fissuration et la désagrégation des maçonneries supportées par ces consoles.

En ce qui concerne les cheminées des maisons, les ruptures ont été générales. Les cheminées se comportent comme une barre soumise au choc produit par l'onde séismique ainsi que nous l'avons vu, mais l'effet de la secousse a été amplifié ici, par l'oscillation du bâtiment qui est plus accentué à sa partie supérieure, et en même temps la maçonnerie des cheminées est en général altérée par l'action des changements de température, de la fumée, etc.

C'est ce qui explique pourquoi les ruptures des cheminées sont si nombreuses et se produisent même dans les tremblements de plus faible intensité. La hauteur, et la section transversale de même que la forme de la cheminée a joué un rôle important dans la destruction, les styles avec les hauts toits et hautes cheminées, et les cheminées décorées aux parties supérieures ont été le plus gravement atteints.

\* \* \*

Quels sont les enseignements à tirer pour l'avenir? Comment faut-il procéder pour avoir des constructions pouvant résister au tremblement et comment réparer les constructions endommagées? Voici des problèmes bien difficiles à résoudre car il faut observer en premier lieu, que ce n'est pas seulement une question technique, c'est un problème financier et social qui se pose. On ne peut pas imposer aux constructions des conditions qui augmenteraient le prix des bâtiments dans une mesure appréciable, de même on doit tenir compte du matériel que l'on trouve dans le pays et des artisans dont on dispose.

L'expérience nous a montré que les constructions exécutées d'après toutes les règles de l'art constructif, ayant une conception logique et rationnelle au point de vue statique, dimensionnées d'après les prescriptions des circulaires spéciales, se sont très bien comportées.

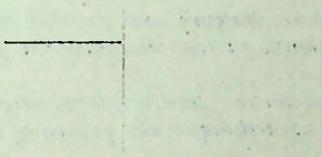
En tout cas une diminution de la hauteur des bâtiments est à recommander. De même l'emploi des constructions en porte-à-faux, des tours et des toits lourds et hauts, des cheminées ornementées doit être évité.

En ce qui concerne les réparations remarquons d'abord que chaque cas doit être examiné séparément et qu'on ne peut donner que quelques indications générales.

Ainsi il faut s'assurer que la résistance transversale du bâtiment est conservée ou sinon il faut la rétablir. Pour les bâtiments en squelette la dislocation des murs de remplissage a affecté sérieusement la rigidité transversale, et un moyen très efficace pour rétablir cette rigidité est l'introduction de panneaux en béton armé. Pour les bâtiments en maçonnerie il faut observer si la désagrégation n'a pas atteint les régions chargées de transmettre les efforts aux fondations. La séparation des murs doit être corrigée par les tirants ou des ceintures solidement ancrés; les fissures doivent être injectées au ciment sous pression après avoir été bien nettoyées. Les fissures formant des plans de glissement doivent être spécialement examinées et réparées.

Le badigeonage des fissures au mortier de ciment doit être interdit et même la réfection de la maçonnerie altérée doit éviter de former des nouveaux plans de glissements.

Il faut observer que la valeur des réparations dépend en premier lieu d'un juste examen de la situation, d'une bonne solution et surtout d'une exécution irréprochable. Masquer les défauts par des réparations superficielles constitue un danger permanent et peut nous conduire lors d'un nouveau tremblement de terre à un véritable désastre.



REPARATIONS

*Les articles destinés à être imprimés dans les „Comptes Rendus des séances de l'Académie des sciences de Roumanie" seront envoyés au Secrétariat de rédaction des publications de l'Académie, Rue R. Poincaré, 1.1—București.*

*Il est à désirer que les articles ne dépassent pas 4—5 pages de texte imprimé.*

*M. M. les auteurs sont priés de nous envoyer leurs articles rédigés, au choix, en français, allemand ou anglais et dans une rédaction définitive.*

*L'introduction tardive de passages dans le texte suscite des complications techniques et provoque des retards dans l'apparition de la revue.*

*Nous leur saurons gré de nous les faire parvenir dactylographiés et de nous indiquer l'adresse où nous devons envoyer les épreuves.*

## ERRATUM

La rédaction des „Comptes-Rendus des séances de l'Académie des Sciences de Roumanie" se fait un devoir de mentionner l'omission, dans la „Table des matières" du Tome IV (1940), de l'article de Mr. le Professeur St. Procopiu: „Détermination de l'épaisseur du fer cémenté au moyen du potentiel de dissolution" paru dans le No. 5—6 — 1940.