

96344

REPUBLICA POPULARĂ ROMÂNĂ

COMITETUL GEOLOGIC  
DE CERCETARE ȘI EXPLORARE A BOGĂȚILOR SUBSOLULUI

STUDII TEHNICE ȘI ECONOMICE

SERIA D

Geofizică

Nr. 2

# ÉTUDES DE GÉOPHYSIQUE PURE ET APPLIQUÉE

PREMIÈRE SÉRIE

PAR

ATANASIU G., BARBAT T., CONSTANTINESCU L.,  
SOCOLESCU M., ȘTEFĂNESCU S., STOENESCU S.



IMPRIMERIA NAȚIONALĂ  
BUCUREȘTI  
1950



Institutul Geologic al României



Institutul Geologic al României



REPUBLICA POPULARĂ ROMÂNĂ  
COMITETUL GEOLOGIC  
DE CERCETARE ȘI EXPLORARE A BOGĂȚILOR SUBSOLULUI

STUDII TECHNICE ȘI ECONOMICE

SERIA D

*Geofizică*

Nr. 2

ÉTUDES DE GÉOPHYSIQUE  
PURE ET APPLIQUÉE

PREMIÈRE SÉRIE

PAR

ATANASIU G., BARBAT T., CONSTANTINESCU L.,  
SOCOLESCU M., ȘTEFĂNESCU S., STOENESCU S.



IMPRIMERIA NAȚIONALĂ  
BUCUREȘTI  
1950



Institutul Geologic al României

700 000

100 000

100 000



Institutul Geologic al României



## P R É F A C E

*Les travaux de Géophysique pure et appliquée de notre Institut Géologique ont bénéficié généralement d'un accueil favorable dans les milieux scientifiques internationaux, par suite — croyons-nous — de la pénurie des renseignements dont on dispose encore à l'heure actuelle au sujet des principaux champs physiques dans l'étendue de notre pays. Les publications qui concernent les mesures gravimétriques, magnétiques, électriques effectuées par la Section de Géophysique de notre Institut ont été cependant peu accessibles aux spécialistes, par suite de leur dispersion dans des périodiques contenant des travaux de Géologie et de Chimie, beaucoup plus nombreux et plus importants.*

*Depuis la mise en fonction, au cours de la guerre, de l'Observatoire géophysique de Surlari-Căldărușani, un nouveau et intéressant domaine d'activité s'est adjoint aux anciennes attributions de notre Section. Aussi avons-nous pensé que le moment était venu de grouper nos publications géophysiques dans des volumes séparés, plus facilement à la portée des spécialistes, et pouvant donner lieu à des échanges bibliographiques particulièrement utiles à la documentation.*

*C'est avec l'espoir de pouvoir retenir la bienveillante attention qui a été témoignée à nos travaux antérieurs, que nous présentons au public compétent le premier de cette série d'ouvrages de collaboration.*

S. S.





Institutul Geologic al României

## MESURES DE MAGNÉTISME TERRESTRE DANS LE SUD-OUEST DE LA MOLDAVIE, EN 1943 <sup>1)</sup>

PAR  
G. ATANASIU

En continuant les mesures de magnétisme terrestre en Roumanie, commencées en 1936, j'ai déterminé au cours des mois de juillet et d'août 1943, la déclinaison (D) et la composante horizontale (H) dans 12 stations situées, la plupart dans la Vallée de Trotuş en Moldavie.

Le but de ce travail était de réaliser un premier raccord entre les cartes magnétiques de la Transylvanie <sup>2)</sup> et de la Moldavie <sup>3)</sup>.

Les mesures ont été effectuées dans les stations suivantes: *Rugineşti-Văleni, Bacău, Răcăciuni, Panciu, Pufeşti, Păuneşti, Palanca, Cômăneşti, Tg.-Ocna, Oneşti I, Oneşti II et Bălca.*

La station Rugineşti-Văleni a été choisie comme station principale; les mesures de la déclinaison ont été faites, dans cette station, dans trois jours différents.

Cinq de ces stations sont situées près des stations du réseau magnétique de HEPITES et MURAT de 1898—1900 <sup>4)</sup>,

<sup>1)</sup> La publication de cette note a été retardée à cause des événements.

<sup>2)</sup> G. ATANASIU, *An. Inst. Geol. Rom.*, vol. XXII, p. 399, 1943.

<sup>3)</sup> ST. PROCOPIU, *Ann. Sc. de l'Univ. de Iassy*, t. XXVI, p. 535 1940.

<sup>4)</sup> ST. HEPITES et I. MURAT, *An. Acad. Rom.*, t. XXX, p. 165, 1907—1908.





ce sont les stations: Ruginești-Văleni (près de la station Adjud de HEPITES), Bacău, Palanca, Panciu et Tg.-Ocna. M. St. PROCOPIU a fait des mesures dans les stations: Bacău, en 1937; Tg.-Ocna et Adjud, en 1938<sup>1)</sup>.

Les appareils et les méthodes de mesures, que j'ai employées, sont ceux décrits antérieurement.

Dans le tableau I sont consignées les coordonnées géographiques des stations.

TABLEAU I

| No. | Station                    | L<br>Est de Gr. | φ        |
|-----|----------------------------|-----------------|----------|
| 1   | Ruginești-Văleni . . . . . | 27° 9',7        | 46° 4',6 |
| 2   | Bacău . . . . .            | 26 52,7         | 46 33,7  |
| 3   | Răcăciuni . . . . .        | 27 1,5          | 46 20,2  |
| 4   | Panciu . . . . .           | 27 6,1          | 45 54,5  |
| 5   | Pufești . . . . .          | 27 12,8         | 46 0,7   |
| 6   | Păunești . . . . .         | 27 9,1          | 46 1,0   |
| 7   | Palanca . . . . .          | 26 7,6          | 46 31,8  |
| 8   | Comănești . . . . .        | 26 27,1         | 46 26,0  |
| 9   | Tg. Ocna . . . . .         | 26 37,3         | 46 17,4  |
| 10  | Onești I . . . . .         | 26 45,2         | 46 14,4  |
| 11  | Onești II . . . . .        | 26 46,8         | 46 15,2  |
| 12  | Bălca . . . . .            | 26 59,2         | 46 9,2   |

*Déclinaison.* Le tableau II donne les valeurs de la déclinaison (D) corrigée de la variation diurne. Cette correction a été faite à l'aide des courbes de la variation diurne de D inscrites à l'Observatoire Géophysique de Surlari-Căldărușani<sup>2)</sup>.

Comme l'Observatoire ne fonctionnait pas encore durant l'été 1943, j'ai eu recours, pour faire les corrections, aux cour-

<sup>1)</sup> ST. PROCOPIU, C. R. Acad. Sc. Roum., t. III, p. 284, 1939.

<sup>2)</sup> Cet observatoire fonctionne régulièrement, depuis février 1944, comme annexe de l'Institut Géologique. Je remercie bien M. L. CONSTANTINESCU, docteur ès sciences, qui dirige l'Observatoire, pour nous avoir donné les indications nécessaires aux corrections de D.



bes de la variation diurne de D au cours des mois juillet et août de l'année suivante (1944). Pour les jours calmes, l'erreur pouvant entacher les corrections est certainement moindre qu'une minute.

TABLEAU II

| N <sup>o</sup> . | Station                    | Date 1943  | Heure Gr<br>de la<br>mesure    | D <sub>o</sub> | Correc-<br>tion | D <sub>c</sub> |
|------------------|----------------------------|------------|--------------------------------|----------------|-----------------|----------------|
| 1                | Ruginești-<br>Văleni . . . | 19 juillet | 9 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> | 1° 50',7 E     | +0',7           | 1° 51',4 E     |
| »                | Ruginești-<br>Văleni . . . | 20 »       | 6 32                           | 1 52,5         | —3,6            | 1 48,9         |
| »                | Ruginești-<br>Văleni . . . | 31 »       | 7 3                            | 1 51,7         | —3,3            | 1 48,4         |
| 2                | Bacău . . .                | 22 »       | 5 26                           | 1 53,9         | —3,8            | 1 50,1         |
| 3                | Răcăciuni . .              | 23 »       | 5 12                           | 1 54,9         | —3,7            | 1 51,2         |
| 4                | Panciu . . .               | 28 »       | 4 27                           | 1 49,3         | —3,1            | 1 46,2         |
| 5                | Pufești . . .              | 28 »       | 14 30                          | 1 46,2         | +2,2            | 1 48,4         |
| 6                | Păunești . . .             | 2 août     | 13 20                          | 1 44,7         | +3,5            | 1 48,2         |
| 7                | Palanca . . .              | 7 »        | 5 26                           | 1 25,5         | —3,8            | 1 21,7         |
| 8                | Comănești . .              | 8 »        | 4 18                           | 1 34,6         | —2,9            | 1 31,7         |
| 9                | Tg. Ocna . . .             | 9 »        | 5 25                           | 1 41,4         | —3,8            | 1 37,6         |
| 10               | Onești I . . .             | 10 »       | 15 7                           | 1 53,6         | +1,6            | 1 55,2         |
| 11               | Onești II . . .            | 11 »       | 4 33                           | 1 48,7         | —3,2            | 1 45,5         |
| 12               | Bălca . . .                | 12 »       | 4 14                           | 1 53,1         | —2,8            | 1 50,3         |

La région étudiée n'est pas très étendue et d'autre part elle est traversée, vers sa limite Ouest, par le méridien de l'Observatoire de Surlari (26°15',2 Est de Gr.). Pour ces motifs, les corrections ont été appliquées sans rapporter la courbe de variation diurne à une heure locale.

*Composante horizontale.* Les valeurs de la composante horizontale (H) sont inscrites dans le tableau III. Tout comme dans les travaux antérieurs, je n'ai appliqué à H aucune correc-





tion; les valeurs obtenues sont exprimées avec quatre chiffres seulement.

Les dates des mesures sont les mêmes que celles données pour la déclinaison dans le tableau II. A Ruginești-Văleni, H a été mesuré le 31 juillet 1943.

*Anomalies du champ terrestre.* Les valeurs obtenues pour D et H montrent que, dans la Vallée de Trctuş, la répartition du champ terrestre ne présente pas de fortes anomalies.

TABLEAU III

| No. | Station                    | Heure Gr<br>de la mesure       | H<br>c. g. s. |
|-----|----------------------------|--------------------------------|---------------|
| 1   | Ruginești-Văleni . . . . . | 7 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> | 0,2180        |
| 2   | Bacău . . . . .            | 6 8                            | 2152          |
| 3   | Răcăciuni . . . . .        | 4 34                           | 2165          |
| 4   | Panciu . . . . .           | 5 8                            | 2194          |
| 5   | Pufești . . . . .          | 13 57                          | 2186          |
| 6   | Păunești . . . . .         | 13 51                          | 2181          |
| 7   | Palanca . . . . .          | 5 59                           | 2156          |
| 8   | Comănești . . . . .        | 5 37                           | 2157          |
| 9   | Tg. Ocna . . . . .         | 5 56                           | 2163          |
| 10  | Onești I . . . . .         | 13 45                          | 2163          |
| 11  | Onești II . . . . .        | 5 2                            | 2168          |
| 12  | Bălca . . . . .            | 4 43                           | 2178          |

Toutefois, pour la déclinaison, il en ressort clairement *une anomalie localisée près de la station Onești II et qui s'étend vers le Sud-Ouest de cette station.* Entre Onești I et Onești II, distantes seulement de 2,5 km, la variation de D est de 10 minutes. *Cette anomalie mérite d'être étudiée de plus près à l'aide de variomètres.*

Une anomalie de la déclinaison de plus grande étendue, mais de faible amplitude, se dessine entre Bălca et Adjud.

En comparant les valeurs de la déclinaison obtenues par M. PROCOPIU à Adjud et à Tg.-Ocna, aux valeurs obtenues par HEPITES et MURAT et par nous dans les mêmes stations,





on trouve: entre Tg.-Ocna et Adjud les auteurs mentionnés donnent une différence de 12',7 et nous trouvons 12',2 (tableau IV) pendant que M. PROCOPIU en trouve seulement 3',9 (travaux cités). On arrive ainsi à la conclusion que la valeur obtenue par M. PROCOPIU, pour la déclinaison à Adjud, est trop faible.

*Variation séculaire de D dans la région étudiée.* Les mesures de HEPITES et MURAT dans les cinq stations que nous avons

TABLEAU IV

| Station            | D<br>pour 1901,0 | D<br>pour 1943,58 | Variation |
|--------------------|------------------|-------------------|-----------|
| Adjud . . . . .    | 3° 19',2 W       | 1° 49',6 E        | 5° 8',8   |
| Bacău . . . . .    | 3 24,1           | 1 50,1            | 5 14,2    |
| Palanca . . . . .  | 3 58,3           | 1 21,7            | 5 20,0    |
| Panciu . . . . .   | 3 28,8           | 1 46,2            | 5 15,0    |
| Tg. Ocna . . . . . | 3 31,9           | 1 37,6            | 5 9,5     |
|                    |                  | Moyenne           | 5° 13',5  |
|                    | H<br>pour 1901,0 | H<br>pour 1943,58 | Variation |
| Bacău . . . . .    | 0,2245 cgs       | 0,2152 cgs        | —930 γ    |
| Palanca . . . . .  | 2244             | 2156              | 880       |
| Panciu . . . . .   | 2277             | 2194              | 830       |
| Tg. Ocna . . . . . | 2257             | 2163              | 940       |
|                    |                  | Moyenne           | —895 γ    |

mentionnées plus haut, nous permettent de calculer la variation séculaire de D et de H depuis le 1 janvier 1901, date à laquelle HEPITES et MURAT ont rapporté leurs mesures, jusqu'à la date moyenne de 1 août 1943, à laquelle on peut rapporter nos mesures.

Quoique l'emplacement de nos stations n'est pas exactement le même que celui des stations des auteurs cités, on peut toutefois entreprendre la comparaison des mesures faites en 1898—1900 avec les nôtres, vu les faibles perturbations du champ terrestre, aux environs de ces stations.



Dans le tableau qui suit (Tableau IV) sont consignées les valeurs, servant à ce calcul.

La valeur que HEPITES et MURAT donnent pour la composante horizontale à Adjud, pour 1901,0:  $H = 0,2251$ , est évidemment trop faible; nous ne l'avons pas utilisée.

On obtient donc pour les cinq stations une variation moyenne de  $D$ , de  $5^{\circ} 13',5$  pour un intervalle de 42,6 ans, ce qui revient à *une variation séculaire moyenne*  $\Delta D = 7',4$  vers l'Est par an dans la période 1901—1943,6.

Dans la même période, la *variation séculaire moyenne de  $H$*  a été  $\Delta H = -21,0 \gamma$  par an.

Les valeurs moyennes que nous avons calculées n'impliquent pas que la variation de  $D$  et celle de  $H$  aient été uniformes, durant la période considérée. Il est probable que  $\Delta D$  a passé par un minimum vers 1904—1905 comme nous l'avons montré à l'occasion des mesures faites en Transylvanie, dans les environs de Cluj<sup>1)</sup>. On peut supposer qu'à la même date  $\Delta H$  ait changé de signe.

Remarquons que ces valeurs sont en bon accord avec les valeurs calculées par M. PROCOPIU (trav. cité p. 536—7), pour 21 stations de la Moldavie et de Dobrogea (Bucarest, quoique situé dans une autre région, en figure aussi parmi ces stations). En comparant ses propres mesures avec celles de HEPITES et MURAT, M. PROCOPIU trouve, pour la période 1901—1940,5:  $\Delta D = 7',3$  et  $\Delta H = -20,3 \gamma$ , valeurs presque identiques à celles que nous donnons pour la Vallée de Trotuş et pour une période sensiblement la même.

L'Observatoire de Surlari-Căldăruşani nous donnera désormais la valeur correcte de  $\Delta D$  pour la plaine de la Muntenie. Entre 9 juillet 1944 et la même date de 1945, M. L. CONSTANTINESCU a trouvé, à Surlari  $\Delta D = 7',1$ .

Reçu: le 29 août 1945.

Laboratoire de Physique Générale  
de la Faculté des Sciences de  
Bucarest.

<sup>1)</sup> G. ATANASIU, *Bull. de la Soc. des Sc. de Cluj*, t. VII, p. 494, 1937.





## NOTE ADDITIONNELLE

Durant l'été 1946, j'ai mesuré l'inclinaison  $I$  à Onești I et Onești II. Les valeurs de  $H$ , obtenues en 1943, ont été rapportées pour 1946, en admettant pour  $H$  la variation de  $-7\gamma$  par année.

L'Observatoire de Surlari nous a fourni, en effet, les données suivantes pour la variation de  $H$  entre 1945—1947:

entre 26.VI.1946 et 26.VI.1947,  $\Delta H = -5\gamma$

entre 26.VI.1945 et 26.VI.1946,  $\Delta H = -7\gamma$

En utilisant pour l'intervalle 1943—1946 la valeur de,  $\Delta H = -7\gamma$  et pour  $I$  les valeurs que nous avons obtenues le 26—27 juin 1946, on obtient les valeurs suivantes exprimées, pour  $H$  et pour  $Z$ , en Gauss.

| Station         | 26-27 VI 1943 | pour 26-27 VI 1946 |         |                           |
|-----------------|---------------|--------------------|---------|---------------------------|
|                 | H             | H                  | I       | $Z = H \cdot \text{tg} I$ |
| Onești I . . .  | 0,2163        | 0,2161             | 62° 20' | 0,4121                    |
| Onești II . . . | 0,2168        | 0,2166             | 62 30   | 0,4161                    |

D'après les données de l'Observatoire de Surlari, il résulte que  $\Delta H$  va en diminuant, en valeur absolue, ainsi que sa valeur est aujourd'hui beaucoup plus petite que la moyenne  $\Delta H = -21\gamma$  que nous avons calculée pour la période 1901—1946,6.

Durant le même été 1946 et aussi durant l'été 1947, la région de la Vallée du Cașin, entre Onești et Mănăstirea Cașin, a été étudiée par nous à l'aide des variomètres verticaux. Le nombre de stations de variomètre a été de 280, réparties sur une surface d'environ 35 km<sup>2</sup>.

Un des résultats de cette étude a été la découverte d'une série d'anomalies positives de la composante verticale  $Z$ , anomalies qui se suivent, du nord au sud, à partir de N de Onești (village Slobozia-Mielului) jusqu'à Mănăstirea Cașin, sur une distance de 13 km environ,





La variation de  $Z$  dépasse  $+ 430 \gamma$  pour l'anomalie de Mănăstirea Cașin (Haloș). La cause de ces anomalies est la présence des dépôts méotiques de tufs andésitiques (cinérites) se trouvant à peu de profondeur et recouverts par les alluvions du Cașin. En quelques points de la région, ces tufs apparaissent au jour sous de très faibles étendues.

La station Onești I est en dehors de la région des anomalies mentionnées, et peut être considérée comme non perturbée; pendant que la station Onești II se trouve dans une région qui est faiblement perturbée par les dépôts de tufs. Ceci explique la valeur plus grande de  $Z$  à Onești II.

L'étude des anomalies de  $Z$  dans la région Onești-Mănăstirea Cașin fera l'objet d'une autre publication.



# CONTRIBUTION A LA CARACTÉRISATION NUMÉRIQUE DE L'AGITATION GÉOMAGNÉTIQUE EN 1944

PAR

LIVIU CONSTANTINESCU

Comme premier résultat des mesures et enregistrements constituant la base de l'activité de l'Observatoire Géomagnétique de Surlari ( $\lambda = 26^{\circ} 15', 2$  E;  $\varphi = 44^{\circ} 40', 8$  N), en fonction depuis le 15 février 1944, nous donnons maintenant la caractérisation numérique de l'agitation magnétique pendant l'année 1944. Le fait bien connu que les enregistrements des variations du champ magnétique terrestre représentent avec précision le phénomène jusqu'à une distance d'environ 500 km et même au delà, avec une bonne approximation (1, I), justifie l'extension de la valabilité de notre caractérisation numérique au pays entier.

Le problème de la caractérisation numérique de l'agitation magnétique présente une importance toute particulière pour la géophysique pure comme pour la géophysique appliquée. L'étude de ce phénomène, soit en lui-même, soit en relation avec l'activité solaire et les phénomènes terrestres connexes a fait des progrès de plus en plus remarquables, au fur et à mesure que la caractérisation s'appliquait mieux à son objet. Ces progrès ont donné une nouvelle impulsion aux recherches concernant les causes mêmes du magnétisme terrestre (2) et





constituent de belles acquisitions dans la connaissance de phénomènes très divers: ionisation de la haute atmosphère, disparitions dans la réception des ondes électromagnétiques courtes, aurores polaires, absorption des rayons cosmiques, courants telluriques, perturbations dans les communications par câbles, etc. (3). D'autre part, les mêmes progrès ont fourni des renseignements importants sur la distribution de l'agitation magnétique dans le temps et dans l'espace, renseignements, que les applications du magnétisme terrestre à l'étude du sous-sol, ont un grand intérêt de mettre à profit. C'est cette double importance de la question, du point de vue des théories et des applications, qui nous a incité à essayer de mettre en valeur, par cette voie, les résultats de l'Observatoire de Surlari, avant même de les avoir fait figurer dans un bulletin magnétique.

Sans nous arrêter aux diverses définitions de l'agitation magnétique, une notion bien complexe, telle qu'on peut la caractériser à l'heure actuelle, nous tenons à préciser que, d'accord avec les décisions de la dernière réunion de l'Association internationale de magnétisme et électricité terrestres (4), nous allons la considérer, dans ce qui suit, comme résultant de la superposition de toutes les variations du champ magnétique terrestre qui sont un effet immédiat de l'émission corpusculaire du soleil. Ceci signifie qu'à l'agitation magnétique proprement dite, avec son caractère de soudaineté et d'apparent arbitraire qui la distingue des variations périodiques, on ajoute aussi l'accroissement de la marche diurne aux époques agitées par rapport à la même marche aux époques calmes, autrement dit, on considère comme agitation, pour un intervalle donné, l'ensemble formé par les écarts des valeurs des éléments géomagnétiques — déclinaison  $D$ , composante horizontale  $H$ , composante verticale  $Z$  —, pendant cet intervalle, par rapport à leur marche unie, pendant l'intervalle correspondant du jour calme.

Le système de caractérisation numérique, nous ayant permis d'obtenir les résultats qui forment l'objet du présent travail, est celui proposé par J. BARTELS (1, I) et utilisé d'abord par





lui, en collaboration avec A. BURGER, pour faire valoir, de ce point de vue, les enregistrements de l'Observatoire de Niemegk-Potsdam (I, I-XII). Adoptée en partie et à titre d'essai, pour une période de trois ans (1940—1942), par la réunion de Washington de l'Association internationale de magnétisme et électricité terrestres (septembre 1939) (4), la caractérisation de BARTELS a été mise à profit, à quelques modifications près, pour exprimer numériquement l'agitation géomagnétique d'après les enregistrements de nombreux autres observatoires (5) et pour obtenir, du même coup, la meilleure expression pour la part de contribution de l'émission corpusculaire à l'activité du soleil. (6).

Tout en renvoyant aux travaux de BARTELS (I, I, IV, XII) pour les considérations qui l'ont conduit à sa caractérisation et pour différents détails de celle-ci, nous tenons à en mentionner le principe fondamental et la signification des nombres caractéristiques employés, dans la mesure où cela est nécessaire pour mettre les personnes intéressées par nos résultats à même de les utiliser sans être obligées d'avoir recours à des revues scientifiques, difficilement accessibles dans les conditions actuelles.

Partant du fait que le caractère d'agitation, présenté par l'évolution dans le temps du champ magnétique terrestre, varie entre des limites très étendues en tant qu'intensité et entre des formes très différentes, en tant qu'aspect des courbes représentatives des variations de ses éléments — et cela dans un intervalle de temps parfois assez court — BARTELS se propose de synthétiser en une paire de nombres,  $K_1$  et  $K_2$ , chacun pouvant prendre toutes les valeurs entières entre 0 et 9 inclusivement, l'essentiel du phénomène: le degré de l'agitation ( $K_1$ ) et sa forme ( $K_2$ ), pour des intervalles de temps de trois heures. Le premier nombre caractéristique,  $K_1$ , rend l'intensité ou le degré de l'agitation d'après l'amplitude  $a$  des écarts de la courbe de celui des éléments géomagnétiques  $D$ ,  $H$ ,  $Z$ , pour lequel ces écarts sont maximums, dans l'intervalle à caractériser, par rapport à la portion correspondante de la courbe, représentant la marche normale du même élément. Le second



nombre caractéristique,  $K_2$ , contient des renseignements sur la forme des courbes à l'intérieur de l'intervalle. Tout comme

TABLEAU 1

*Echelles et significations des nombres caractéristiques*

| Signification pour $K_2$             |                                 |                                                   | Valeur<br>numéri-<br>que | Signification<br>pour $K_1$ : $a$ ex-<br>primé en $\gamma$ ,<br>compris entre: |
|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Allure unie                          |                                 |                                                   | 0                        |                                                                                |
| Pulsa-<br>tions                      | faibles                         | isolées                                           | 1                        | 5                                                                              |
|                                      |                                 | particulièrement<br>régulières et nettes          | 2                        | 10                                                                             |
|                                      | dépas-<br>sant 5 $\gamma$       | isolées                                           | 3                        | 20                                                                             |
|                                      |                                 | part. régulières, répétées<br>plus que trois fois | 4                        | 40                                                                             |
|                                      |                                 |                                                   |                          |                                                                                |
| Baie<br>d'au<br>moins<br>10 $\gamma$ | sans pulsations intenses        |                                                   | 5                        |                                                                                |
|                                      | avec puls. dépassant 5 $\gamma$ |                                                   | 6                        | 120                                                                            |
| Marche<br>diurne<br>de Z<br>agitée   | sans pulsations intenses        |                                                   | 7                        | 200                                                                            |
|                                      | avec puls. dépassant 5 $\gamma$ |                                                   | 8                        | 330                                                                            |
| Allure générale orageuse             |                                 |                                                   | 9                        | 500                                                                            |
| Commencement brusque d'orage         |                                 |                                                   | S                        | —                                                                              |

pour  $K_1$ , des trois valeurs de  $K_2$  correspondant aux trois courbes  $D$ ,  $H$ ,  $Z$  c'est la valeur la plus grande qui est attribuée





à l'intervalle. Le tableau 1, dans lequel nous avons réuni les échelles de  $K_1$  et  $K_2$  avec les significations correspondantes, telles que BARTELS lui-même les a modifiées pour les mieux adapter au phénomène (I, IV) et que nous les avons appliquées, nous dispense de nous attarder encore sur cette question. Dans cet ordre d'idées il ne nous reste à ajouter qu'une chose: la réunion de Washington n'a adopté, pour caractériser l'agitation magnétique, que le premier nombre  $K_1$ , en le désignant simplement par  $K$  et en l'appelant nombre caractéristique pour trois heures (three-hour-range index, dreistündliche Kennziffer).

La caractérisation numérique qui suit utilise les deux nombres  $K_1$  et  $K_2$ . Le phénomène est ainsi serré de plus près, sans que le travail nécessaire pour l'attribution du nombre double  $K_1K_2$  à un certain intervalle ait exigé beaucoup plus de temps que dans le cas du nombre unique  $K$ . D'ailleurs la simple suppression de  $K_2$  et de l'indice de  $K_1$  donne à nos tableaux l'aspect qu'ils auraient eu si l'on s'était borné à la caractérisation simple ( $K$ ). Nous devons ajouter que l'isolement presque complet dans lequel nous nous trouvons en regard de la vie scientifique de l'étranger — isolement dont on ressent plus profondément les conséquences dans un domaine dont l'exploration est essentiellement oeuvre de collaboration internationale — nous a obligé d'adopter l'échelle de Potsdam, sans l'adapter à nos circonstances particulières suivant le principe de l'assimilation des répartitions de densité (I, XII), c'est-à-dire sans fixer les limites de  $a$  de telle manière que pour une même année la caractérisation obtenue à l'aide des résultats de notre observatoire contienne autant de nombres  $K_1 = 0, 1, 2$  etc. que la caractérisation de Potsdam. En conséquence nos résultats, bien qu'ils forment un système parfaitement cohérent, et qu'ils soient directement utilisables à l'intérieur du pays, ne pourront être comparés avec les résultats des autres observatoires avant d'être transformés en rapport avec une échelle propre, ce que nous nous proposons de faire dès qu'il sera possible. C'est toujours l'ignorance des résultats pour l'année





1944 de l'Observatoire de Niemegk-Potsdam (ou de n'importe quel autre observatoire ayant adapté l'échelle de celui-ci, dans les conditions précisées par la réunion de Washington (1, XII) qui nous a empêché de calculer les nombres caractéristiques réduits  $K_r$ , c'est-à-dire les nombres possédant pour chaque intervalle de temps de trois heures la même répartition de densité que ceux de Potsdam, ce qui aurait exclu presque complètement l'influence locale de l'Observatoire. Enfin, dans un ordre d'idées un peu différent, nous voulons attirer l'attention sur le fait que si l'attribution des nombres caractéristiques  $K_1$  aux différents intervalles de la journée a été faite suivant les règles établies par BARTELS, en prenant comme base les écarts des valeurs des éléments magnétiques par rapport à la marche normale, notre caractérisation diffère un peu en ce qui concerne la manière d'établir cette « marche normale ». En effet, pour les journées très agitées, dont les magnéto-grammes ne fournissent pas les éléments nécessaires pour obtenir la marche calme nivelée (ausgeglichenen ruhiger Verlauf) qui serve de repère, nous avons considéré comme marche normale des courbes la marche moyenne des courbes des cinq jours les plus calmes du mois. Nous croyons avoir obtenu ainsi la caractérisation par une voie objective, en renonçant à la détermination « élastique » ou à l'intuition qui intervenaient, dans le cas des journées agitées dans la caractérisation de BARTELS, sans, toutefois, laisser intervenir dans les résultats l'influence de l'émission ultraviolette à côté de celle de l'émission corpusculaire du soleil. Il est vrai qu'au moment où nous avons donné la caractérisation, nous avions à notre disposition les enregistrements de l'année entière; ce n'est pas le cas lorsque l'on veut donner une caractérisation numérique prompte.

Pour pouvoir apprécier la qualité du matériel ayant servi comme base à notre caractérisation, nous considérons nécessaire de dire un mot sur les caractéristiques du système enregistreur de l'Observatoire de Surlari <sup>1)</sup>. C'est l'ensemble classique des

<sup>1)</sup> Une description détaillée en sera donnée dans le premier bulletin magnétique de l'Observatoire.



trois variomètres qui permettent l'enregistrement continu des variations de  $D$ ,  $H$  et  $Z$  sur un magnétogramme ayant la longueur de 48 cm, donc un déroulement de 2 cm par heure et la largeur de 20 cm, ce qui signifie, avec les sensibilités des enregistrements  $\varepsilon_D = 0,51 \text{ mm}^{-1}$  ou  $3,40 \gamma \cdot \text{mm}^{-1}$ ,  $\varepsilon_H = 2,29 \gamma \cdot \text{mm}^{-1}$  et  $\varepsilon_Z = 1,78 \gamma \cdot \text{mm}^{-1}$  et avec l'emploi de deux miroirs pour chacun des variomètres  $D$  et  $H$ , la possibilité d'embrasser les plus intenses variations que présente le champ magnétique terrestre à nos latitudes.

Avec cela nous pouvons passer à la présentation et la discussion des résultats contenus dans les tableaux qui suivent. Il suffit d'un coup d'œil sur leur ensemble pour se rendre compte que notre caractérisation n'est pas complète. Des 2928 intervalles de trois heures de l'année bissextile 1944 il n'y a que 1811 qui ont été caractérisés, c'est-à-dire approximativement 62%. Dues en grande partie aux longues interruptions dans la livraison de l'énergie électrique impliquées par les vicissitudes de la guerre, de même qu'à quelques fâcheux accidents comme la pénétration d'eau à l'intérieur du bâtiment souterrain dans lequel les enregistrements ont lieu ou la rupture d'un fil de quartz et aux opérations nécessaires pour y remédier, les lacunes de notre caractérisation ne sont pas réparties uniformément le long de l'année. Dans ce qui suit on met en évidence, à l'occasion de la présentation des divers résultats, la mesure dans laquelle les lacunes y sont présentes et jusqu'à quel point leur existence pourrait affecter la correspondance entre la caractérisation numérique et le phénomène qu'elle veut délimiter, surtout quant aux valeurs moyennes.

Le tableau II contient les nombres caractéristiques doubles  $K_1K_2$  pour les huit intervalles de trois heures de chaque jour:  $c^h - 3^h$ ,  $3^h - 6^h$ , ...,  $21^h - 24^h$  T. M. G. (temps moyen Greenwich). Étant donné l'importance particulière du premier nombre caractéristique, on a essayé de le mettre en relief par les caractères d'imprimerie employés. Dans les deux dernières colonnes nous avons donné la somme des huit nombres  $K$  de chaque journée et le nombre diurne  $B$ . Celui-ci,





une sorte de  $K_1$  moyen attribué à chaque journée d'après l'échelle de  $K_1$  en rapport avec l'amplitude moyenne  $\frac{1}{8} \sum K_{1i}$ , caractérise la journée dans son ensemble mieux que  $\sum K_1$ , sans, toutefois, pouvoir remplacer les huit nombres  $K_1$  (I, XII). La notation  $0^+$ ,  $1^+$ , etc. est employée pour rendre les valeurs intermédiaires 0,5, 1,5, etc. Évidemment les nombres diurnes B ont été obtenus en prenant comme base les nombres  $K_1$  et les valeurs correspondantes de  $a$  et non pas les nombres réduits  $K_r$  qui, pour les raisons indiquées plus haut, n'ont pas été calculés. Quant aux lacunes du tableau 2 nous n'avons rien à ajouter à ce qu'on a déjà dit sur les lacunes de nos résultats en général, sauf peut-être que  $\sum K_1$  et B manquent là aussi où un seul intervalle de la journée n'est pas caractérisé.

En suivant l'exemple de BARTELS et BURGER (I, I-XI), nous avons essayé de mettre en évidence dans nos résultats l'influence de la rotation du soleil sur l'agitation géomagnétique. Dans ce but nous avons continué le numérotage des rotations proposé par BARTELS — numérotage qui se distingue de celui des astronomes par le point de départ et par le fait qu'on considère la rotation du soleil de 27 jours entiers, ce qui correspond à la durée moyenne de la rotation synodique des taches ayant la latitude héliographique d'environ  $20^\circ$  —, mais au lieu de prendre les sommes  $\sum K_1$  comme caractérisant l'état d'agitation moyenne d'une journée nous leur avons préféré les nombres diurnes B, qu'on a arrangés, suivant les rotations solaires dans le tableau III.

Malgré les nombreuses lacunes de ce tableau — et pour cette raison nous ne voulons pas insister là-dessus —, on peut y reconnaître une périodicité présentant un maximum le 4-ième jour et un minimum le 13-ième ou 14-ième jour (les lacunes sont trop nombreuses ici pour pouvoir prétendre plus). Si l'on tient compte du fait mis en évidence par W. GREAVES et H. NEWTON que ce sont seulement les faibles perturbations magnétiques qui présentent la périodicité de 27 jours tandis que les grands orages n'ont pas la tendance de se répéter après



96344

TABLEAU II

Nombres caractéristiques pour trois heures,  $K_1$ ,  $K_2$ , et nombres diurnes  $B$ .

## Janvier

| Date | $K_1, K_2$ |   |   |   |   |   |   | $\Sigma K_1$ | $B$ | Date | $K_1, K_2$ |   |   |   |   |   |   | $\Sigma K_1$ | $B$ |
|------|------------|---|---|---|---|---|---|--------------|-----|------|------------|---|---|---|---|---|---|--------------|-----|
| 1    | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   | 16   | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   |
| 2    | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   | 17   | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   |
| 3    | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   | 18   | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   |
| 4    | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   | 19   | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   |
| 5    | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   | 20   | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   |
| 6    | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   | 21   | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   |
| 7    | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   | 22   | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   |
| 8    | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   | 23   | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   |
| 9    | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   | 24   | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   |
| 10   | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   | 25   | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   |
| 11   | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   | 26   | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   |
| 12   | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   | 27   | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   |
| 13   | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   | 28   | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   |
| 14   | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   | 29   | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   |
| 15   | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   | 30   | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   |
|      |            |   |   |   |   |   |   |              |     | 31   | -          | - | - | - | - | - | - | -            | -   |

## Février

|    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1  | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 16 | 35 | 34 | 34 | 34 | 34 | -  | 21 | 21 | -  | -  |
| 2  | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 17 | 21 | 21 | 31 | 31 | 21 | 21 | 21 | 25 | 18 | 2+ |
| 3  | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 18 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 01 | 00 | 00 | 7  | 1  |
| 4  | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 19 | 12 | 12 | 01 | 11 | 11 | 21 | 00 | 11 | 7  | 1  |
| 5  | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 20 | 11 | 20 | 32 | 34 | 25 | 11 | 35 | 35 | 18 | 2+ |
| 6  | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 21 | 23 | 22 | 22 | 32 | 22 | 35 | 15 | 25 | 17 | 2+ |
| 7  | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 22 | 24 | 13 | 12 | 12 | 01 | 01 | 13 | 11 | 7  | 1  |
| 8  | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 23 | 21 | 21 | 22 | 32 | 23 | 12 | 33 | 25 | 17 | 2+ |
| 9  | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 24 | 21 | 21 | 21 | 11 | 12 | 11 | 22 | 25 | 13 | 2  |
| 10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 25 | 22 | 11 | 21 | 11 | 10 | 01 | 02 | 12 | 8  | 1+ |
| 11 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 26 | 11 | 12 | 12 | 22 | 31 | 20 | 22 | 12 | 13 | 2  |
| 12 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 27 | 12 | 11 | 02 | 12 | 12 | 12 | 13 | 03 | 6  | 1  |
| 13 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 28 | 12 | 23 | 22 | 12 | 24 | 12 | 25 | 22 | 13 | 2  |
| 14 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 29 | 21 | 22 | 24 | 24 | 24 | 35 | 25 | 25 | 17 | 2+ |
| 15 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

## Mars

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1  | 33 | 31 | 31 | 32 | 22 | 22 | 35 | 36 | 22 | 3  | 16 | 23 | 23 | 23 | 34 | 34 | 35 | 20 | 20 | 19 | 2+ |
| 2  | 24 | 24 | 22 | 22 | 32 | 22 | 35 | 31 | 19 | 2+ | 17 | 10 | 13 | 13 | 13 | 12 | 12 | 13 | 9  | 1+ |    |
| 3  | 31 | 21 | 21 | 22 | 11 | 21 | 22 | 22 | 16 | 2+ | 18 | 21 | 21 | 35 | 34 | 34 | 45 | 56 | 25 | 3+ |    |
| 4  | 23 | 13 | 35 | 56 | 56 | 45 | 44 | 34 | 27 | 4  | 19 | 46 | 36 | 24 | 35 | 35 | 13 | 35 | 45 | 23 | 3+ |
| 5  | 32 | 22 | 32 | 32 | 34 | 45 | 46 | 34 | 25 | 3+ | 20 | 35 | 12 | 02 | 13 | 13 | 13 | 23 | 23 | 11 | 2  |
| 6  | 34 | 35 | 26 | 36 | 46 | 35 | 36 | 46 | 25 | 3+ | 21 | 23 | 23 | 11 | 23 | 23 | 23 | 45 | 17 | 2+ |    |
| 7  | 34 | 34 | 34 | 35 | 56 | 46 | 36 | 36 | 27 | 4  | 22 | 33 | 33 | 33 | 33 | 44 | 44 | 34 | 34 | 26 | 3+ |
| 8  | 34 | 34 | 34 | 34 | 46 | 34 | 46 | 35 | 26 | 3+ | 23 | 33 | 32 | 24 | 32 | 32 | 33 | 35 | 45 | 24 | 3+ |
| 9  | 46 | 36 | 24 | 46 | 46 | 46 | 36 | 35 | 27 | 3+ | 24 | 33 | 31 | 33 | 33 | 32 | 32 | 33 | 33 | 24 | 3+ |
| 10 | 34 | 34 | 46 | —  | —  | 36 | 36 | 36 | —  | —  | 25 | 32 | 31 | 33 | 34 | 34 | 44 | 25 | 45 | 25 | 3+ |
| 11 | 34 | 34 | 34 | 46 | 22 | 22 | 45 | 34 | 24 | 3+ | 26 | 34 | 34 | 36 | 37 | 48 | 25 | 34 | 48 | 25 | 3+ |
| 12 | 35 | 34 | 34 | 24 | 44 | 56 | 36 | 36 | 26 | 3+ | 27 | 59 | 49 | 49 | 59 | 46 | 35 | 45 | 25 | 31 | 4+ |
| 13 | 35 | 34 | 34 | 34 | 46 | 35 | 24 | 24 | 23 | 3  | 28 | 11 | 22 | 22 | 34 | 22 | 33 | 34 | 46 | 20 | 3  |
| 14 | 24 | 34 | 34 | 36 | 24 | 34 | 35 | 23 | 21 | 3  | 29 | 46 | 36 | 46 | 36 | 34 | 35 | 35 | 33 | 26 | 3+ |
| 15 | 23 | 24 | 24 | 24 | 24 | 11 | 24 | 24 | 15 | 2  | 30 | 35 | 24 | 34 | 14 | 34 | 35 | 23 | 45 | 21 | 3  |
|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 31 | 23 | 23 | 35 | 34 | 22 | 11 | 25 | 23 | 17 | 2+ |





TABLEAU II. — (suite)

Avril

| Date | $K_1 K_2$ |    |    |    |    |    |    |    |    | $\Sigma K_1$ | B  | Date | $K_1 K_2$ |    |    |    |    |    |    |    |    | $\Sigma K_1$ | B |
|------|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|------|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|---|
| 1    | 33        | 33 | 32 | 32 | 33 | 34 | 46 | 46 | 26 | 3+           | 16 | 45   | 44        | 44 | 56 | 56 | 45 | 35 | 34 | 4+ |    |              |   |
| 2    | 34        | 36 | 69 | 79 | 68 | 66 | 55 | 55 | 41 | 6            | 17 | 33   | 21        | 31 | 32 | 32 | 31 | 22 | 34 | 22 | 3  |              |   |
| 3    | 56        | 56 | 44 | 44 | 44 | 44 | 45 | 45 | 34 | 4+           | 18 | 35   | 12        | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 16 | 2+ |    |              |   |
| 4    | 34        | 44 | 55 | 55 | —  | —  | —  | —  | —  | —            | 19 | 13   | 11        | 22 | 12 | 10 | 22 | 02 | 02 | 8  | 1+ |              |   |
| 5    | —         | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —            | 20 | 12   | 02        | 11 | 02 | 12 | 13 | 12 | 11 | 6  | 1  |              |   |
| 6    | —         | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —            | 21 | 00   | 10        | 12 | 12 | 24 | 25 | 13 | 03 | 8  | 1+ |              |   |
| 7    | —         | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —            | 22 | 13   | 02        | 12 | 12 | 12 | 11 | 11 | 13 | 7  | 1  |              |   |
| 8    | —         | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —            | 23 | 20   | 21        | 32 | 31 | —  | 32 | 31 | 31 | —  | —  |              |   |
| 9    | —         | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —            | 24 | 48   | 54        | 34 | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  |              |   |
| 10   | —         | —  | 35 | 35 | 36 | 36 | 14 | 24 | —  | —            | 25 | —    | —         | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  |              |   |
| 11   | 23        | 12 | 12 | 12 | 22 | 45 | 34 | 35 | 17 | 2+           | 26 | —    | —         | 42 | 44 | 43 | 44 | 43 | 45 | —  | —  |              |   |
| 12   | 35        | 34 | 12 | 12 | 12 | 12 | 23 | 01 | 12 | 2            | 27 | 44   | 42        | 42 | 45 | 43 | 45 | 55 | 45 | 33 | 4+ |              |   |
| 13   | 13        | 23 | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —            | 28 | 42   | 43        | —  | 44 | 43 | 33 | 55 | 43 | —  | —  |              |   |
| 14   | —         | —  | 31 | 35 | 22 | 12 | 12 | 02 | —  | —            | 29 | 44   | 44        | 45 | 46 | 46 | 45 | 44 | 44 | 32 | 4  |              |   |
| 15   | 22        | 21 | 22 | 12 | 34 | 34 | 35 | 36 | 19 | 3            | 30 | 44   | 46        | 46 | 46 | 34 | 44 | 44 | 45 | 31 | 4  |              |   |

Mai

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1  | 35 | 34 | 42 | 44 | 57 | 58 | 56 | 46 | 33 | 4+ | 16 | 10 | 22 | 33 | 22 | 25 | 23 | 22 | 11 | 15 | 2+ |
| 2  | 44 | 55 | 44 | 56 | 56 | 46 | 45 | 44 | 35 | 4+ | 17 | 12 | 01 | 21 | 23 | 22 | 21 | 21 | 22 | 13 | 2  |
| 3  | 44 | 44 | 44 | —  | 46 | 44 | 44 | 44 | —  | —  | 18 | 11 | 03 | 21 | 22 | 21 | 00 | 11 | 12 | 9  | 1+ |
| 4  | 34 | 33 | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 19 | 12 | 00 | 21 | 21 | 12 | 12 | 02 | 13 | 8  | 1+ |
| 5  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 20 | 10 | 10 | 32 | 23 | 21 | 01 | 01 | 02 | 9  | 2  |
| 6  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 21 | 02 | 02 | 22 | 23 | 11 | 22 | 21 | 22 | 11 | 2  |
| 7  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 22 | 10 | 11 | 12 | 11 | 23 | 13 | 25 | 35 | 12 | 2  |
| 8  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 23 | 21 | 22 | 23 | 24 | 34 | 34 | 34 | 34 | 20 | 3  |
| 9  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 24 | 35 | 34 | 34 | 34 | 34 | 24 | 24 | 35 | 22 | 3  |
| 10 | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 25 | 33 | 33 | 32 | 22 | 15 | 23 | 35 | 14 | 18 | 2+ |
| 11 | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 26 | 35 | 23 | 24 | 24 | 24 | 34 | 14 | 13 | 16 | 2+ |
| 12 | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 27 | 34 | 34 | —  | —  | 24 | 24 | 24 | 24 | —  | —  |
| 13 | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 28 | 22 | 22 | 34 | 34 | 34 | 34 | 34 | 34 | 22 | 3  |
| 14 | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 29 | 45 | 34 | 34 | 36 | 36 | 46 | 34 | 46 | 27 | 3+ |
| 15 | —  | —  | 21 | 21 | 21 | 12 | 22 | 11 | —  | —  | 30 | 36 | 24 | 24 | 36 | 36 | 34 | 24 | 24 | 20 | 3  |
|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 31 | 32 | 32 | 32 | 32 | 35 | 46 | 44 | 34 | 26 | 3+ |

Juin

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1  | 13 | 12 | 22 | 22 | 12 | 13 | 13 | 11 | 10 | 1+ | 16 | 24 | 13 | 34 | 24 | 24 | 24 | —  | —  | —  | —  |
| 2  | 12 | 12 | 24 | 34 | 22 | 12 | 12 | 13 | 12 | 2  | 17 | —  | —  | 22 | 12 | 22 | 22 | 23 | 22 | —  | —  |
| 3  | 11 | 11 | 21 | 22 | 21 | 10 | 13 | 03 | 10 | 1+ | 18 | 23 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 21 | 23 | 16 | 2  |
| 4  | 13 | 11 | 22 | 32 | 34 | 24 | 46 | 36 | 19 | 3  | 19 | 22 | 22 | 32 | 32 | 22 | 22 | 12 | 25 | 17 | 2+ |
| 5  | 34 | 32 | 33 | 34 | 24 | 25 | 25 | 13 | 19 | 3  | 20 | 24 | 24 | 34 | 22 | 32 | 23 | 22 | 35 | 19 | 2+ |
| 6  | 01 | 02 | 11 | 32 | 33 | 24 | 11 | 01 | 10 | 2  | 21 | 25 | 25 | 36 | 36 | 24 | 24 | —  | 24 | —  | —  |
| 7  | 10 | 22 | 12 | 32 | 24 | 24 | 23 | 12 | 14 | 2  | 22 | 25 | 35 | 35 | 46 | 24 | 45 | 22 | 24 | 22 | 3  |
| 8  | 11 | 22 | 11 | 32 | 33 | 32 | 23 | 13 | 16 | 2+ | 23 | 23 | 24 | 45 | 34 | 34 | 35 | 24 | 25 | 21 | 3  |
| 9  | 32 | 32 | 32 | 22 | 24 | 24 | 23 | 13 | 18 | 2+ | 24 | 22 | 22 | 32 | 32 | —  | —  | —  | —  | —  | —  |
| 10 | 22 | 21 | 12 | 22 | 24 | 24 | 23 | 02 | 13 | 2  | 25 | —  | —  | —  | —  | 31 | 22 | 22 | 22 | —  | —  |
| 11 | 21 | 22 | 32 | 22 | 34 | 25 | 23 | 22 | 18 | 2+ | 26 | 22 | 32 | 22 | 21 | 45 | 33 | 33 | 25 | 21 | 3  |
| 12 | 01 | 01 | 01 | 12 | 12 | 12 | 11 | 00 | 4  | 1  | 27 | 33 | 33 | 31 | 22 | 31 | 31 | 32 | 33 | 23 | 3  |
| 13 | 10 | 22 | 12 | 34 | 34 | 34 | 34 | 24 | 18 | 2+ | 28 | 31 | 32 | 32 | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  |
| 14 | 24 | 13 | 11 | 12 | 25 | 23 | 24 | 25 | 13 | 2  | 29 | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  |
| 15 | 35 | 35 | 34 | 24 | 35 | 35 | 25 | 35 | 22 | 3  | 30 | —  | —  | —  | —  | 01 | 00 | 20 | 22 | —  | —  |



TABLEAU II. -- (suite)

Juillet

| Date | $K_1 K_2$ |    |    |    |    |    |    |    | $\Sigma K_1$ | B  | Date | $K_1 K_2$ |    |    |    |    |    |    |    | $\Sigma K_1$ | B  |
|------|-----------|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|------|-----------|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|
| 1    | 22        | 02 | 10 | 11 | 11 | 11 | 22 | 12 | 9            | 1+ | 16   | 21        | 21 | 21 | 22 | 23 | 23 | 25 | 11 | 15           | 2  |
| 2    | —         | —  | 21 | 21 | 00 | 10 | 11 | 22 | —            | —  | 17   | 11        | 32 | 32 | 12 | 11 | 00 | 10 | 10 | 11           | 2  |
| 3    | —         | —  | —  | 22 | 21 | 01 | 01 | 11 | —            | —  | 18   | 20        | 12 | 20 | 00 | 01 | 00 | —  | —  | —            | —  |
| 4    | 21        | 22 | 01 | 01 | 00 | 00 | 21 | 11 | 7            | 1+ | 19   | —         | —  | 22 | 23 | 25 | 13 | 23 | 22 | —            | —  |
| 5    | 11        | 22 | 22 | 22 | 01 | 12 | 22 | 22 | 12           | 2  | 20   | 21        | 22 | 32 | 34 | 13 | 11 | 12 | 11 | 14           | 2+ |
| 6    | 12        | 22 | 12 | 12 | 22 | 22 | 22 | 35 | 14           | 2  | 21   | 13        | 24 | 22 | 34 | 22 | 11 | 13 | 13 | 13           | 2  |
| 7    | 25        | 22 | 12 | 12 | 12 | 12 | 13 | 13 | 10           | 1+ | 22   | 02        | 12 | 22 | 22 | 22 | 22 | 23 | 23 | 13           | 2  |
| 8    | 11        | 12 | 12 | 34 | 22 | 23 | 23 | 23 | 14           | 2  | 23   | 11        | 22 | 21 | 11 | 11 | 01 | 02 | 01 | 7            | 1+ |
| 9    | 35        | 24 | 24 | 34 | 22 | 24 | 12 | 12 | 16           | 2+ | 24   | 00        | 01 | 21 | 20 | 20 | 11 | 11 | 11 | 9            | 1+ |
| 10   | 22        | 12 | 12 | 12 | 23 | 23 | 25 | 00 | 11           | 2  | 25   | 00        | 11 | 11 | 21 | 20 | 10 | 00 | 00 | 7            | 1+ |
| 11   | 21        | 21 | 11 | 22 | 11 | 11 | 11 | 12 | 11           | 1+ | 26   | 02        | 12 | 21 | 23 | 30 | 10 | 11 | 02 | 10           | 2  |
| 12   | 11        | 12 | 12 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 13           | 2  | 27   | 00        | 11 | 22 | 32 | 32 | 33 | 12 | —  | —            | —  |
| 13   | 23        | 12 | 12 | 22 | 22 | 12 | 23 | 13 | 12           | 2  | 28   | 12        | 12 | 20 | 21 | 11 | 20 | 22 | 22 | 13           | 2  |
| 14   | 22        | 22 | 22 | 22 | 21 | 33 | 33 | 32 | 19           | 2+ | 29   | 22        | 02 | 21 | 32 | 24 | —  | —  | —  | —            | —  |
| 15   | 32        | 32 | 32 | 42 | 34 | 35 | 33 | 33 | 25           | 3+ | 30   | —         | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —            | —  |
|      |           |    |    |    |    |    |    |    |              |    | 31   | —         | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —            | —  |

Août

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1  | —  | —  | —  | —  | 24 | 24 | 24 | 22 | —  | —  | 16 | 12 | 01 | 12 | 22 | —  | —  | —  | —  | —  | —  |
| 2  | 23 | 12 | 13 | 24 | 36 | 36 | 26 | 36 | 17 | 2+ | 17 | —  | —  | —  | —  | 12 | 11 | 12 | 21 | —  | —  |
| 3  | 46 | 46 | 46 | 56 | 46 | 33 | 25 | 24 | 28 | 4  | 18 | 22 | 22 | 45 | 35 | 34 | 34 | 35 | 13 | 21 | 3  |
| 4  | 23 | 12 | 12 | 13 | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 19 | 33 | 22 | 32 | 32 | 22 | 23 | 13 | 13 | 17 | 2+ |
| 5  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 20 | 11 | 01 | 12 | 22 | 12 | 01 | 02 | 25 | 7  | 1+ |
| 6  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 21 | 11 | 21 | 22 | 12 | 11 | 11 | 22 | 11 | 11 | 1+ |
| 7  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 22 | 21 | 21 | 21 | 12 | 02 | 11 | 12 | 22 | 11 | 2  |
| 8  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 23 | 35 | 34 | 22 | 22 | 22 | 23 | 23 | 23 | 18 | 2+ |
| 9  | —  | —  | —  | —  | 32 | 24 | 24 | 24 | —  | —  | 24 | 33 | 32 | 32 | 12 | 34 | 35 | 23 | 23 | 20 | 3  |
| 10 | 23 | 23 | 24 | 34 | 34 | 33 | 23 | 23 | 19 | 2+ | 25 | 11 | 21 | 31 | 32 | —  | —  | —  | —  | —  | —  |
| 11 | 22 | 12 | 22 | 32 | 12 | 02 | 24 | 25 | 13 | 2  | 26 | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  |
| 12 | 24 | 25 | 12 | 22 | 24 | 23 | 35 | 33 | 17 | 2+ | 27 | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  |
| 13 | 13 | 13 | 33 | 24 | 02 | 23 | 22 | 12 | 12 | 2+ | 28 | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  |
| 14 | 01 | 02 | 12 | 24 | 22 | 12 | 12 | 25 | 9  | 1+ | 29 | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  |
| 15 | 25 | 21 | 32 | 22 | 22 | 22 | 12 | 13 | 15 | 2  | 30 | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  |
|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 31 | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  |

Septembre

|    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1  | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 16 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2  | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 17 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 3  | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 18 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 4  | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 19 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 5  | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 20 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 6  | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 21 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 7  | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 22 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 8  | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 23 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 9  | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 24 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 10 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 25 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 11 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 26 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 12 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 27 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 13 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 28 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 14 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 29 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 15 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 30 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |





TABLEAU II. — (fin)

Octobre

| Date | $K_1 K_2$ |   |   |   |   |   |   |   | $\Sigma K_1$ | B | Date | $K_1 K_2$ |    |    |    |    |    |    |    | $\Sigma K_1$ | B  |
|------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|--------------|---|------|-----------|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|
| 1    | —         | — | — | — | — | — | — | — | —            | — | 16   | —         | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —            | —  |
| 2    | —         | — | — | — | — | — | — | — | —            | — | 17   | —         | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —            | —  |
| 3    | —         | — | — | — | — | — | — | — | —            | — | 18   | —         | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —            | —  |
| 4    | —         | — | — | — | — | — | — | — | —            | — | 19   | —         | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —            | —  |
| 5    | —         | — | — | — | — | — | — | — | —            | — | 20   | —         | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —            | —  |
| 6    | —         | — | — | — | — | — | — | — | —            | — | 21   | —         | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —            | —  |
| 7    | —         | — | — | — | — | — | — | — | —            | — | 22   | —         | —  | —  | 12 | 22 | 11 | 11 | —  | —            | —  |
| 8    | —         | — | — | — | — | — | — | — | —            | — | 23   | 23        | 23 | 33 | 31 | 32 | 35 | 46 | 56 | 25           | 3+ |
| 9    | —         | — | — | — | — | — | — | — | —            | — | 24   | 33        | 42 | 44 | 42 | 12 | 23 | 35 | 25 | 23           | 3+ |
| 10   | —         | — | — | — | — | — | — | — | —            | — | 25   | 22        | 12 | 11 | 12 | 11 | 12 | 45 | 43 | 15           | 2+ |
| 11   | —         | — | — | — | — | — | — | — | —            | — | 26   | 45        | 34 | 34 | 34 | 31 | 23 | 25 | 12 | 21           | 3  |
| 12   | —         | — | — | — | — | — | — | — | —            | — | 27   | 11        | 11 | 12 | 12 | 24 | 35 | 22 | 21 | 13           | 2  |
| 23   | —         | — | — | — | — | — | — | — | —            | — | 28   | 21        | 21 | 22 | 22 | 22 | 23 | 23 | 23 | 16           | 2  |
| 14   | —         | — | — | — | — | — | — | — | —            | — | 29   | 22        | 11 | 11 | 21 | 11 | 12 | 32 | 32 | 14           | 2  |
| 15   | —         | — | — | — | — | — | — | — | —            | — | 30   | 33        | 33 | 21 | 22 | 20 | 11 | 12 | 12 | 15           | 2+ |
|      |           |   |   |   |   |   |   |   |              |   | 31   | 22        | 11 | 22 | 22 | 12 | 23 | 23 | 22 | 14           | 2  |

Novembre

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1  | 11 | 01 | 21 | 22 | 12 | 11 | 01 | —  | —  | —  | 16 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 01 | 7  | 1  |    |
| 2  | —  | —  | —  | —  | 10 | 11 | 01 | —  | —  | —  | 17 | 11 | 10 | 11 | 01 | 10 | 10 | 12 | 12 | 7  | 1  |
| 3  | —  | —  | —  | 22 | 22 | 23 | 12 | 11 | —  | —  | 18 | 25 | 21 | 02 | 02 | 32 | 33 | 13 | 13 | 12 | 2  |
| 4  | 12 | 12 | 22 | 34 | 43 | 33 | 31 | 23 | 19 | 3  | 19 | 23 | 11 | 22 | 34 | 32 | 24 | 12 | 11 | 15 | 2+ |
| 5  | 23 | 25 | 44 | 44 | 45 | 45 | 45 | 45 | 28 | 4  | 20 | 34 | 45 | 34 | 24 | 44 | 46 | 44 | 45 | 28 | 4  |
| 6  | 34 | 34 | 44 | 32 | 45 | 33 | 33 | 32 | 26 | 3+ | 21 | 41 | 41 | 42 | 42 | 21 | 10 | 01 | 11 | 20 | 3+ |
| 7  | 32 | 21 | 22 | 21 | 21 | 22 | 23 | 23 | 17 | 2+ | 22 | 10 | 00 | 00 | 11 | 11 | 25 | 01 | 11 | 6  | 1  |
| 8  | 11 | 11 | 22 | 32 | 21 | 20 | 01 | 12 | 12 | 2  | 23 | 11 | 00 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 01 | 6  | 1  |
| 9  | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 25 | 23 | 16 | 2  | 24 | 01 | 01 | 11 | 11 | 10 | 00 | 01 | 12 | 4  | 0+ |
| 10 | 32 | 45 | 45 | 21 | 21 | 22 | 22 | 21 | 21 | 3  | 25 | 00 | 11 | 11 | 11 | 01 | 01 | 11 | 11 | 6  | 1  |
| 11 | 22 | 22 | 21 | 21 | 22 | 23 | 12 | 11 | 14 | 2  | 26 | 25 | 13 | 23 | 21 | 11 | 11 | 01 | 02 | 9  | 1+ |
| 12 | 22 | 11 | 13 | 11 | 00 | 00 | 00 | 10 | 6  | 1  | 27 | 00 | 01 | 01 | 00 | 01 | 00 | 01 | 00 | 0  | 0  |
| 13 | 10 | 10 | 10 | 00 | 00 | 01 | 01 | 01 | 3  | 0+ | 28 | 11 | 00 | 00 | 01 | 10 | 11 | 13 | 13 | 5  | 1  |
| 14 | 12 | 11 | 01 | 11 | 01 | 21 | 11 | 02 | 6  | 1  | 29 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 11 | 12 | 8  | 1  |
| 15 | 11 | 11 | 00 | 00 | 00 | 01 | 01 | 12 | 3  | 0+ | 30 | 24 | 13 | 02 | 12 | 23 | 25 | 11 | 01 | 9  | 1+ |

Décembre

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1  | 01 | 01 | 01 | 12 | 13 | 25 | 33 | 21 | 9  | 1+ | 16 | 25 | 36 | 26 | 56 | 69 | 79 | 68 | 56 | 36 | 5+ |
| 2  | 35 | 12 | 23 | 34 | 12 | 45 | 45 | 34 | 21 | 3  | 17 | 54 | 56 | 66 | 56 | 68 | 68 | 68 | 58 | 44 | 6  |
| 3  | 12 | 12 | 22 | 12 | 22 | 24 | 24 | 25 | 13 | 2  | 18 | 56 | 56 | 45 | 55 | 44 | 45 | 44 | 43 | 35 | 4+ |
| 4  | 23 | 22 | 22 | 21 | 21 | 11 | 25 | 21 | 15 | 2  | 19 | 43 | 44 | 44 | 43 | 43 | 45 | 33 | 43 | 31 | 4  |
| 5  | 11 | 01 | 12 | 12 | 21 | 11 | 11 | 25 | 9  | 1+ | 20 | 43 | 43 | 43 | 45 | 31 | 33 | 33 | 34 | 28 | 4  |
| 6  | 33 | 11 | 22 | 31 | 31 | 31 | 25 | 11 | 18 | 2+ | 21 | 33 | 33 | 44 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 25 | 3+ |
| 7  | 11 | 10 | 00 | 11 | 12 | 11 | 01 | 11 | 6  | 1  | 22 | 33 | 32 | 42 | 42 | 43 | 45 | 45 | 44 | 30 | 4  |
| 8  | 00 | 01 | 02 | 12 | 12 | 23 | 12 | 12 | 6  | 1  | 23 | 42 | 42 | 42 | 42 | 32 | 21 | 25 | 21 | 25 | 3+ |
| 9  | 12 | 22 | 23 | 01 | 11 | 11 | 23 | 13 | 10 | 1+ | 24 | 21 | 31 | 31 | 31 | 22 | 33 | 31 | 31 | 22 | 3  |
| 10 | 11 | 11 | 01 | 11 | 01 | 01 | 02 | 01 | 3  | 0+ | 25 | 21 | 21 | 22 | 22 | 20 | 22 | 21 | 21 | 16 | 2  |
| 11 | 11 | 01 | 12 | 02 | 12 | 12 | 11 | 02 | 5  | 1  | 26 | 21 | 21 | 21 | 25 | 33 | 34 | 43 | 44 | 22 | 3  |
| 12 | 12 | 22 | 22 | 23 | 21 | 23 | 24 | 12 | 14 | 2  | 27 | 56 | 55 | 45 | 45 | 55 | 66 | 56 | 56 | 39 | 5  |
| 13 | 22 | 23 | 24 | 24 | 34 | 46 | 44 | 55 | 24 | 3+ | 28 | 46 | 42 | 42 | 42 | 44 | 43 | 43 | 41 | 32 | 4  |
| 14 | 23 | 35 | 33 | 33 | 43 | 43 | 31 | 31 | 25 | 3+ | 29 | 43 | 33 | 32 | 42 | 32 | 35 | 35 | 45 | 27 | 3+ |
| 15 | 31 | 21 | 32 | 22 | 33 | 33 | 38 | 36 | 22 | 3- | 30 | 45 | 45 | 32 | 33 | 35 | 35 | 35 | 35 | 27 | 3+ |
|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 31 | 33 | 22 | 21 | 22 | 21 | —  | —  | —  | —  | —  |



TABLEAU III

Nombres diurnes B, arrangés suivant les rotations du soleil

| Numéro d'ordre<br>de la rotation | Premier jour | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15    | 16    | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  |
|----------------------------------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1516                             | 6 février    | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | 2+  | 1   | 1   | 2+2+1 | 2+2   | 2+2 | 1+2 | 1   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 3   | 2+2 | 2   |
| 1517                             | 4 mars       | 4   | 3+  | 3+  | 4   | 3+  | 3+  | —   | 3+  | 3+  | 3   | 2   | 2+  | 1+  | 3+  | 3+2   | 2+3   | 2+3 | 3+3 | 3+  | 3+  | 3+  | 4+  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   |
| 1518                             | 31 mars      | 2+  | 3+  | 6   | 4+  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | 2+  | 2   | —   | 3     | 4+3   | 2+1 | 1+  | 1   | 1   | 1   | 1   | —   | —   | —   | —   | —   |
| 1519                             | 27 avril     | 4+  | —   | 4   | 4   | 4+  | 4+  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —     | —     | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| 1520                             | 24 mai       | 3   | 2+  | 2+  | —   | 3   | 3+  | 3   | 3+  | 1+  | 2   | 1+  | 3   | 3   | 2   | 2     | 2+2+2 | 2+2 | 2+1 | 2+2 | 3   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| 1521                             | 20 juin      | 2+  | —   | 3   | 3   | —   | —   | 3   | 3   | —   | —   | —   | 1+  | —   | —   | 1+2   | 2     | 1+2 | 2+2 | 1   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   |
| 1522                             | 17 juillet   | 2   | —   | —   | 2+  | 2   | 2   | 1+  | 1+  | 1+  | 2   | —   | —   | —   | —   | —     | —     | 2+4 | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| 1523                             | 13 août      | 2   | 1+  | 2+  | —   | —   | 3   | 2+  | 1+  | 1+  | 2   | 2+  | 3   | —   | —   | —     | —     | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| 1524                             | 9 septembre  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —     | —     | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| 1525                             | 6 octobre    | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —     | —     | —   | 3+  | 3+  | 2+  | 3   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   |
| 1526                             | 2 novembre   | —   | —   | 3   | 4   | 3+  | 2+  | 2   | 2   | 3   | 2   | 1   | 0+  | 1   | 0+  | 1     | 1     | 2   | 2+  | 4   | 3+  | 1   | 1   | 0+  | 1   | 1   | 1   | 1   |
| 1527                             | 29 novembre  | 1   | 1+  | 1+  | 3   | 2   | 2   | 1+  | 2+  | 1   | 1   | 1+  | 0+  | 1   | 2   | 3+    | 3+    | 3   | 5+  | 6   | 4+  | 4   | 4   | 3+  | 4   | 3   | 3   | 2   |
| 1528                             | 26 décembre  | 3   | 5   | 4   | 3+  | 3+  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —     | —     | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| Moyennes des nombres B           |              | 2,7 | 2,9 | 3,3 | 3,5 | 3,1 | 3,0 | 2,2 | 2,5 | 2,0 | 2,0 | 1,9 | 1,9 | 1,7 | 1,4 | 2,3   | 2,5   | 2,4 | 3,0 | 3,2 | 2,5 | 2,3 | 2,0 | 2,1 | 2,5 | 2,5 | 2,3 | 2,3 |





cet intervalle de temps (7), les quelques valeurs de B qui dépassent 5 — correspondant donc à des perturbations de plus de 120% en moyenne, pour la journée — et qui sont disséminées un peu au hasard, peuvent être éliminées; la périodicité ressortira encore mieux. Sans aucun doute, le tableau III ne permet pas de tirer des conclusions définitives mais il fournit quelques indications qui ne sont pas dépourvues d'intérêt et qui le seront encore moins si elles sont corroborées par les résultats des années suivantes.

La répartition des nombres  $K_1$  suivant les mois et quelques moyennes mensuelles intéressantes sont représentées dans le tableau IV. Les colonnes ayant en tête les différentes valeurs de  $K_1$  contiennent, pour chaque mois, le nombre des intervalles du mois caractérisés par la valeur respective. Dans la colonne  $K_{1m}$  sont représentées les moyennes arithmétiques de tous les  $K_1$  de chaque mois ( $K_{1m} = \frac{\sum n_i K_{1i}}{\sum n}$ ), tandis que la colonne A

contient les amplitudes moyennes de l'agitation obtenues en prenant comme amplitude correspondant à chaque nombre caractéristique la moyenne des limites de  $a$  qui l'encadrent <sup>1)</sup>

( $A = \frac{\sum n_i a_i}{\sum n}$ ). On a donné, enfin, dans la colonne  $K_1(A)$  les nombres caractéristiques, calculés avec deux décimales, qui correspondraient à ces amplitudes moyennes ( $K_1(A) = 1,5 + \frac{\log A - 1}{\log 2}$ , si  $K_1$  ne dépasse pas 3,5). La dernière colonne veut

mettre en évidence, par le rapport R entre le nombre des intervalles caractérisés et leur nombre total, la mesure dans laquelle les trois moyennes peuvent être considérées comme représentant la réalité. En effet, la conformité de notre caractérisation numérique en ce qui concerne la répartition des nombres  $K_1$  et les différentes moyennes est discutable dans le cas des mois où les lacunes sont trop nombreuses. C'est pour

<sup>1)</sup> Voir la dernière colonne du tableau I.



cette raison que nous ne nous arrêtons qu'aux mois qui n'en ont presque pas, c'est-à-dire le mois de mars, pour lequel des 248 intervalles 246 sont caractérisés, et le mois de décembre, avec 245 intervalles caractérisés sur 248, ayant donc tous les deux un rapport de conformité pratiquement égal à l'unité.

TABLEAU IV

Répartition des nombres  $K_1$  suivant les mois. Valeurs moyennes

| $K_1$         | 0  | 1  | 2  | 3   | 4  | 5  | 6 | 7 | 8 | 9 | $K_{1m}$ | A    | $K_1(A)$ | R    |
|---------------|----|----|----|-----|----|----|---|---|---|---|----------|------|----------|------|
| Mois          |    |    |    |     |    |    |   |   |   |   |          |      |          |      |
| Janvier . . . | —  | —  | —  | —   | —  | —  | — | — | — | — | —        | —    | —        | —    |
| Février . . . | 11 | 37 | 46 | 18  | 2  | —  | — | — | — | — | 1,68     | 14,4 | 2,03     | 0,49 |
| Mars . . .    | 1  | 19 | 63 | 119 | 37 | 7  | — | — | — | — | 2,79     | 29,9 | 3,08     | 0,99 |
| Avril . . .   | 9  | 34 | 23 | 39  | 48 | 12 | 3 | 1 | — | — | 2,80     | 37,5 | 3,41     | 0,71 |
| Mai . . .     | 10 | 24 | 51 | 46  | 20 | 6  | — | — | — | — | 2,38     | 25,6 | 2,86     | 0,63 |
| Juin . . .    | 11 | 40 | 96 | 58  | 5  | —  | — | — | — | — | 2,03     | 18,0 | 2,35     | 0,88 |
| Juillet . . . | 27 | 74 | 93 | 24  | 1  | —  | — | — | — | — | 1,54     | 12,8 | 1,86     | 0,88 |
| Août . . .    | 9  | 37 | 63 | 29  | 5  | 1  | — | — | — | — | 1,91     | 17,3 | 2,29     | 0,58 |
| Septembre .   | —  | —  | —  | —   | —  | —  | — | — | — | — | —        | —    | —        | —    |
| Octobre . .   | —  | 23 | 30 | 15  | 7  | 1  | — | — | — | — | 2,12     | 20,4 | 2,52     | 0,31 |
| Novembre .    | 53 | 85 | 55 | 18  | 20 | —  | — | — | — | — | 1,42     | 14,0 | 1,99     | 0,97 |
| Décembre .    | 18 | 39 | 59 | 55  | 51 | 15 | 7 | 1 | — | — | 2,65     | 34,6 | 3,29     | 0,99 |

Dans les deux cas, il faut remarquer la répartition normale des nombres caractéristiques: les cases 1, 2 et 3 sont les plus peuplées, contenant la grande majorité des nombres  $K_1$  (81 %, respectivement 62 %). En comparant, pour ces deux mois, les valeurs de  $K_{1m}$  et de  $K_1(A)$  on a d'abord l'impression que les indications de ces moyennes — qui voudraient caractériser l'agitation géomagnétique pendant le mois entier — sont contradictoires: en jugeant d'après  $K_{1m}$  c'est le mois de mars qui a été plus agité tandis que la considération de  $K_1(A)$  conduit à la conclusion contraire. La contradiction n'est qu'apparente car l'ordre de succession  $(K_{1m})_{mars} > (K_{1m})_{déc.}$  montre seulement que le mois de mars a eu moins d'intervalles calmes ( $K_1 = 0$  ou 1) que le mois de décembre tandis que l'ordre inverse  $K_1(A)_{mars} < K_1(A)_{déc.}$  ne fait que mettre en évi-





dence le fait que l'intensité des perturbations a été plus réduite en mars qu'en décembre. Ce sont, donc, les paires de valeurs  $K_{1m}$  et  $K_1(A)$  qui caractérisent le mois dans son ensemble, du point de vue de l'agitation magnétique. Des considérations analogues pourraient être faites sur les moyennes des autres mois mais ce n'est qu'avec une probabilité égale au rapport  $R$  correspondant que ces moyennes rendent la réalité.

Les résultats représentés dans le tableau IV ne peuvent pas être utilisés pour faire des déductions sûres en ce qui concerne la marche annuelle de l'agitation géomagnétique. Si la caractérisation complète d'une seule année ne rend pas suffisamment bien cette marche, plusieurs années étant nécessaires pour cela (I, IV), ce sera encore moins la nôtre dans laquelle les informations manquent complètement pour deux mois et plus qu'à moitié pour deux autres. On peut, toutefois, remarquer le maximum d'agitation des mois de mars et avril, maximum en tant que nombre ( $K_{1m}$ ) et intensité ( $A$  ou  $K_1(A)$ ) des perturbations, ce qui est en accord avec la constatation que l'agitation magnétique présente au cours de l'année deux maximums, au voisinage des équinoxes (8). Malgré la lacune complète de nos résultats pour le mois de septembre et presque complète pour octobre, on peut reconnaître dans les nombres caractérisant le dernier tiers de celui-ci une partie du maximum d'agitation accompagnant l'équinoxe d'automne. Entre ces deux maximums d'activité magnétique il y a les minimums des mois de juillet et novembre, sans doute les mois les plus calmes de l'année.

Quant à la marche diurne de l'agitation magnétique, les moyennes des 226 jours caractérisés offrent la possibilité de faire des considérations beaucoup plus précises. Dans ce but, nous avons donné dans les tableaux V et VI, en suivant toujours l'exemple de BARTELS et BURGER (I, IV, VII), la répartition des nombres  $K_1$ , respectivement  $K_2$ , suivant les intervalles de trois heures de la journée. En outre, pour  $K_1$  on a calculé les moyennes  $K_{1m}$ ,  $A$  et  $K_1(A)$  pour chaque intervalle tandis que pour  $K_2$  on a essayé de mettre en évidence la fréquence d'in-



tervention des formes remarquables de perturbations: pulsations, baies, marche agitée en Z, dans les différents intervalles,

TABLEAU V

Répartition des nombres  $K_1$  suivant les intervalles. Valeurs moyennes

| $K_1$<br>Intervalle | 0   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5  | 6  | 7 | 8 | 9 | $\Sigma$ | $K_{1m}$ | A    | $K_1(A)$ |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|---|---|---|----------|----------|------|----------|
| 0—3 . . .           | 15  | 58  | 71  | 54  | 21  | 5  | —  | — | — | — | 224      | 2,10     | 21,4 | 2,60     |
| 3—6 . . .           | 24  | 57  | 71  | 48  | 18  | 6  | —  | — | — | — | 224      | 1,99     | 20,4 | 2,52     |
| 6—9 . . .           | 17  | 44  | 75  | 60  | 28  | 1  | 2  | — | — | — | 227      | 2,21     | 23,1 | 2,71     |
| 9—12 . . .          | 11  | 46  | 71  | 67  | 21  | 9  | —  | 1 | — | — | 226      | 2,32     | 25,4 | 2,84     |
| 12—15 . . .         | 15  | 48  | 78  | 54  | 25  | 6  | 3  | — | — | — | 229      | 2,25     | 24,6 | 2,80     |
| 15—18 . . .         | 20  | 54  | 69  | 52  | 27  | 3  | 3  | 1 | — | — | 229      | 2,17     | 24,3 | 2,78     |
| 18—21 . . .         | 23  | 47  | 79  | 43  | 28  | 5  | 2  | — | — | — | 227      | 2,13     | 23,1 | 2,71     |
| 21—24 . . .         | 24  | 58  | 65  | 43  | 28  | 7  | —  | — | — | — | 225      | 2,06     | 22,1 | 2,64     |
| Journée             | 149 | 412 | 579 | 421 | 196 | 42 | 10 | 2 | — | — | 1811     | 2,16     | 23,1 | 2,71     |

TABLEAU VI

Répartition des nombres  $K_2$  suivant les intervalles

| $K_2$<br>Intervalle | 0  | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7 | 8 | 9 | s | $\Sigma$ | Pulsations<br>3+4+<br>6+8 | Baies<br>5+6 | Z<br>7+8 |
|---------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|---|---|----------|---------------------------|--------------|----------|
| 0—3 . . .           | 17 | 53  | 47  | 44  | 27  | 25  | 9   | — | — | 1 | 1 | 224      | 80                        | 34           | —        |
| 3—6 . . .           | 10 | 59  | 73  | 28  | 31  | 12  | 10  | — | — | 1 | — | 224      | 69                        | 22           | —        |
| 6—9 . . .           | 9  | 47  | 94  | 17  | 37  | 12  | 9   | — | — | 2 | — | 227      | 63                        | 21           | —        |
| 9—12 . . .          | 5  | 36  | 97  | 15  | 42  | 11  | 17  | 1 | — | 2 | — | 226      | 74                        | 28           | 1        |
| 12—15 . . .         | 16 | 45  | 68  | 21  | 45  | 13  | 16  | 1 | 3 | 1 | — | 229      | 85                        | 29           | 4        |
| 15—18 . . .         | 17 | 44  | 41  | 44  | 32  | 34  | 14  | — | 2 | 1 | — | 229      | 92                        | 48           | 2        |
| 18—21 . . .         | 7  | 40  | 46  | 44  | 30  | 44  | 13  | — | 2 | — | 1 | 227      | 89                        | 57           | 2        |
| 21—24 . . .         | 8  | 42  | 45  | 44  | 28  | 39  | 17  | — | 2 | — | — | 225      | 91                        | 56           | 2        |
| Journée             | 89 | 366 | 511 | 257 | 272 | 190 | 105 | 2 | 9 | 8 | 2 | 1811     | 643                       | 295          | 11       |

en prenant pour chacun la somme des nombres de  $K_2$  des colonnes correspondant à des agitations de l'espèce considérée.





Les conclusions qu'on peut en tirer sont tout à fait intéressantes, surtout pour ceux qui, voulant faire des mesures géomagnétiques, sont gênés par l'agitation magnétique et ont, donc, l'intérêt d'en réduire la probabilité d'intervention. Les résultats représentés dans les tableaux V et VI montrent que de ce point de vue, l'intervalle de la journée le plus indiqué pour exécuter de telles mesures est celui compris entre 3<sup>h</sup> et 9<sup>h</sup> TMG, c'est-à-dire entre 5<sup>h</sup> et 11<sup>h</sup>, heure de notre pays. En effet, d'une part les valeurs de  $K_{1m}$ ,  $A$  et  $K_1(A)$  du tableau V montrent que de tous les intervalles de trois heures de la journée, utilisables pour les mesures géomagnétiques, ce sont les intervalles 3<sup>h</sup> — 6<sup>h</sup> et 6<sup>h</sup> — 9<sup>h</sup> pour lesquels le degré de l'agitation est en moyenne moins accusé, d'autre part ce sont toujours ces deux intervalles qui sont recommandés par les valeurs du tableau VI, dont les deux dernières colonnes indiquent que les formes de perturbation les plus ennuyeuses pour ceux qui font des mesures géomagnétiques — les perturbations en baie et la marche agitée de  $Z$  — sont moins fréquentes entre 3<sup>h</sup> et 9<sup>h</sup> TMG. Même le nombre des pulsations — qui sont réparties avec plus d'uniformité le long de la journée — est plus réduit pendant ces deux intervalles. Tout ceci confirme les résultats obtenus par MAURAIN et EBLÉ (9) et par BARTELS et BURGER (I, IV, VII) selon lesquels le minimum présenté par la marche diurne de l'agitation magnétique, rapportée au temps local, a lieu, dans les régions de latitude faible ou moyenne, pendant la matinée. Les données des tableaux V et VI pourraient être utilisées pour obtenir différentes représentations graphiques de la marche diurne de l'agitation géomagnétique (I, VII). Nous y renonçons maintenant, avec l'intention de les donner en parallèle avec les représentations correspondantes des résultats pour l'année 1945.

Le dernier tableau, VII, représente la répartition relative des nombres caractéristiques doubles  $K_1K_2$ , les résultats étant réduits à 1000. Si un nombre  $K_1K_2$  manque complètement, à l'endroit du croisement de la ligne et de la colonne respective, se trouve un tiret (—); s'il s'y trouve 0 cela indique que le



nombre est intervenu une fois pendant l'année (ce qui ne donne pas 1<sup>0</sup>/<sub>100</sub>). Il est intéressant à remarquer sur ce tableau que 24 des nombres caractéristiques doubles sont plus fréquents que 10<sup>0</sup>/<sub>100</sub>, ce qui met en évidence le haut degré de conformité entre le système de caractérisation et le phénomène de l'agitation magnétique, par le parallélisme entre la marche de  $K_1$  et de  $K_2$ , parallélisme qu'on peut également remarquer dans les chiffres de la dernière ligne et de la dernière colonne.

TABLEAU VII

Répartition relative des nombres caractéristiques  $K_1 K_2$ 

| $K_1 \backslash K_2$ | Allure unie | Pulsations |     |     |     | Baies |    | Perturbation en Z |   |   | Orage | $\Sigma$ |
|----------------------|-------------|------------|-----|-----|-----|-------|----|-------------------|---|---|-------|----------|
|                      | 0           | 1          | 2   | 3   | 4   | 5     | 6  | 7                 | 8 | 9 | s     |          |
| 0. . . .             | 23          | 37         | 19  | 2   | —   | —     | —  | —                 | — | — | —     | 81       |
| 1. . . .             | 16          | 86         | 91  | 31  | 2   | 1     | —  | —                 | — | — | —     | 227      |
| 2. . . .             | 9           | 58         | 116 | 54  | 51  | 29    | 2  | —                 | — | — | —     | 319      |
| 3. . . .             | 0           | 20         | 45  | 41  | 67  | 39    | 19 | 0                 | — | — | 0     | 231      |
| 4. . . .             | —           | 2          | 11  | 18  | 27  | 30    | 23 | —                 | 1 | 1 | 0     | 113      |
| 5. . . .             | —           | —          | —   | —   | 1   | 6     | 13 | 0                 | 1 | 1 | —     | 22       |
| 6. . . .             | —           | —          | —   | —   | —   | —     | 2  | —                 | 3 | 1 | —     | 6        |
| 7. . . .             | —           | —          | —   | —   | —   | —     | —  | —                 | — | 1 | —     | 1        |
| 8. . . .             | —           | —          | —   | —   | —   | —     | —  | —                 | — | — | —     | —        |
| 9. . . .             | —           | —          | —   | —   | —   | —     | —  | —                 | — | — | —     | —        |
| $\Sigma$ . . .       | 48          | 203        | 282 | 146 | 148 | 105   | 59 | 0                 | 5 | 4 | 0     | 1000     |

Une comparaison avec les résultats de Niemegk-Potsdam (I, IV, VII), en ce qui concerne la répartition relative des nombres caractéristiques doubles, fait ressortir quelques différences. Tandis que pour l'Observatoire de Niemegk les cases les plus peuplées sont, en ordre décroissant,  $1_1$ ,  $2_1$  et  $2_2$ , dans notre cas ce sont, toujours en ordre décroissant,  $2_2$ ,  $1_2$  et  $1_1$ . Cette différence peut tenir au fait que notre caractérisation n'utilise pas les nombres caractéristiques réduits — cas dans lequel la comparaison aurait été tout à fait juste — et peut-





être aussi aux lacunes, qui pourraient déplacer le centre de gravité de la répartition. D'autre part, le nombre relativement grand d'intervalles pour lesquels  $K_2 = 0$  (48 chez nous par rapport à 11 en 1938 (I, IV) et 3 en 1939 (I, VII) à Niemegk) permet d'affirmer que l'Observatoire de Surlari est complètement libre de perturbations étrangères (produites par des courants vagabonds). C'est une remarque analogue de BARTELS sur l'Observatoire de Niemegk — et il considérerait seulement le nombre des heures (et non pas des intervalles) pendant lesquelles les courbes de  $D, H$  et  $Z$  avaient une marche unie (I, IV) — qui nous a attiré l'attention sur la possibilité de tirer une telle conclusion de nos résultats.

Lorsqu'on aura les caractérisations numériques d'autres observatoires pour l'agitation géomagnétique en 1944, on pourra tirer, sans doute, un meilleur parti des résultats que nous venons de présenter. Ils pourront être mis en valeur encore mieux par une comparaison avec les caractérisations numériques complètes des années suivantes, pour notre observatoire et pour d'autres. Jusqu'alors, tel qu'il se présente, notre travail permet, malgré ses lacunes, de se faire une idée assez précise sur l'agitation magnétique en 1944 dans notre pays et fournit des renseignements qui sont d'autant plus intéressants qu'ils sont les premiers de ce genre en notre pays.

En terminant, je tiens à exprimer ma reconnaissance à MM. les Prof. G. MACOVEI et G. MURGEANU pour la large sollicitude qu'ils ont toujours eue vis-à-vis des nécessités de l'Observatoire Géomagnétique de Surlari, rejeton récent de l'Institut Géologique qu'ils dirigent, sollicitude grâce à laquelle l'Observatoire a pu surmonter les nombreuses difficultés attachées à n'importe quel début et accentuées encore par les circonstances particulières dans lesquelles notre Observatoire a fait le sien.

Mes remerciements vont également à MM. SABBA S. ȘTEFĂNESCU et M. SOCOLESCU qui, après s'être donné beaucoup de peine lors de la construction de l'Observatoire, m'ont



ensuite assisté de leurs conseils, que j'ai souvent mis à profit.

Enfin, je veux exprimer ici ma gratitude à M. le Prof. E. BADAREU pour la compréhension avec laquelle il a regardé le changement de direction dans mon activité scientifique ce qui m'a valu un congé pendant lequel, exempt de toute obligation didactique, j'ai pu mettre au point le système enregistreur magnétique.

Mars 1946.

Institut Géologique  
Observatoire Géomagnétique

#### BIBLIOGRAPHIE

1. J. BARTELS u. A. BURGER, *Zeitschr. f. Geophysik*, I: 14, 68, 1938; II: 14, 230, 1938; III: 14, 272, 1938; IV: 15, 214, 1939; V: 15, 333, 1939; VI: 16, 85, 1940; VII: 16, 185, 1940 VIII: 16, 247, 1940 IX: 17, 67, 1941; X: 17, 147, 1941; XI: 17, 226, 1941; XII: 17, 317, 1942.
2. Q. MAJORANA, *Il nuovo cim.*, 19, 265, 1942.
3. J. H. DELLINGER, *Journ. Frankl. Inst.*, 228, 11, 1939.
4. J. A. FLEMING, H. D. HARRADON a. J. W. JOYCE, *Terr. Magn.*, 44, 471, 1939.
5. J. BARTELS, N. H. HECK a. H. F. JOHNSTON, *Terr. Magn.*, 44, 411, 1939; 45, 309, 1940; H. F. JOHNSTON a. N. H. HECK, *Terr. Magn.*, 46, 95, 1941.
6. J. BARTELS, *Zeitschr. f. Geophysik*, 16, 101, 1940.
7. W. M. H. GREAVES a. H. W. NEWTON, *Month. Not. R. Astr. Soc.*, 88, 641, 1928 (cité par Ch. Maurain, voir ci-après pag. 29).
8. CH. MAURAIN, *Magnétisme terrestre*. Paris, Hermann, 1935, p. 28.
9. CH. MAURAIN et L. EBLE, *Ann. I. P. G.*, 7, 183, 1929.







Institutul Geologic al României

## MESURES GRAVIMÉTRIQUES AU PENDULE

PAR

MIRCEA SOCOLESCU

Des mesures au pendule ont été effectuées à plusieurs reprises jusqu'en 1941 en notre pays. On trouve, dans le travail de M. TANNI <sup>1)</sup>, publié en 1942 par l'Institut d'Isostasie de Helsinki, une liste complète des stations de pendule de notre pays, donnant les valeurs de la pesanteur calculées d'après la méthode adoptée par cet institut. Celles-ci comprennent les stations Bucarest et Galați, mesurées en 1900 par BORRAS, douze stations dans le N de la Transylvanie mesurées en 1892 par le Wiener k.u.k. Militär Geogr. Institut, et dix-huit stations dans le centre de la Transylvanie mesurées par l'Institut Géodésique de la Hongrie, de 1908 à 1913. Pour la station Bucarest, les anomalies calculées sont, du fait d'une erreur de signe, de huit mgals plus faibles.

Ces derniers temps, l'Institut Géologique d'accord avec l'Administration Commerciale pour Prospections et Exploitations minières (A.C.E.X.), a élaboré un programme de recherches géophysiques en vue de l'étude de la

---

<sup>1)</sup> L. TANNI. On the isostatic structure of the earth's crust in the carpathian countries and the related phenomena. Helsinki, 1942.





couverture récente et de son substratum. Par la même occasion on y avait prévu aussi un réseau du I-er ordre de stations de pendule.

L'appareil pendulaire employé, du type Sterneck, à enregistrement d'après le système Potsdam, a été construit par la maison « Askania » de Berlin. Nous l'avons étalonné nous-mêmes sous la conduite du Prof. K. WEICKEN, à l'Observatoire de Potsdam.

Transporté dans le pays, cet appareil nous a permis d'effectuer une série de mesures d'épreuve dans douze stations différentes. La guerre nous a toutefois empêché de continuer notre programme. Nous donnerons dans un autre travail la description de l'appareil, et l'opération d'étalonnage de sorte que cette communication se bornera à présenter les résultats des mesures.

La station utilisée comme base dans ces mesures a été choisie dans le voisinage de Bucarest, au Laboratoire de Physique de Roșu. La mesure a été exécutée sur deux boucles se fermant sur la station de base. La première boucle a englobé les stations de Ploești, Sinaia, Brașov, Câmpulung et Pitești, et la deuxième, les stations de Târgoviște, Turnu-Măgurele, Craiova, Căracal, Slatina et Giurgiu. Les fermetures sur la station de base ont été faites avec une erreur de 1 mgal. Deux mesures d'oscillation au moins ont été effectuées dans chaque station à des intervalles de 12 heures, en dehors des mesures intermédiaires. Les différences entre les valeurs trouvées dans les stations ne dépassent pas 0,2 mgal.

Les stations ont été choisies de telle manière que l'appareil y reposât sur un plancher de ciment enfoui dans le sol, ce qui réduisait au minimum l'oscillation du support. De même, on a utilisé de petites chambres ayant peu de portes et de fenêtres, et de préférence situées au sous-sol, afin que les variations de température soient aussi faibles que possible.

Les endroits choisis sont les suivants:

1. Roșu — la salle de distillation du Laboratoire de Physique.



2. Ploești — le sous-sol principal du bâtiment eboulé du Crédit Minier dans Bulev. Independenței.
3. Sinaia — une chambre à plancher en ciment des dépendances de la maison de la rue Em. Cöstinescu, No. 2.
4. Brașov — l'abri de la bibliothèque du « Muzeul Săsesc ».
5. Câmpulung — le musée près de la salle des tables du lycée « théorique de garçons ».
6. Pitești — la salle de travail manuel, près de la salle des tables du Lycée théorique de garçons.
7. Târgoviște — le dernier sous-sol, le plus éloigné de l'entrée, du Lycée Commercial.
8. Turnu-Măgurele — le sous-sol, près de la buanderie, du Lycée Théorique de garçons.
9. Craiova — le sous-sol garde-manger, vis-à-vis de la salle de gymnastique, du Lycée « théorique de jeunes filles ».
10. Caracal — le sous-sol au-dessous de la scène dans la salle de théâtre du Lycée « théorique de garçons ».
11. Slatina — le sous-sol servant de garde-robe dans l'Internat des apprentis-ouvriers.
12. Giurgiu — la chambre de garde dans la cour du Lycée Commercial.

Les mesures ont duré du 31 octobre au 18 décembre 1941 et nous y avons été aidé par M. S. STOENESCU. Les calculs et les corrections ont été faits d'après le système de M. WEICKEN, modifié par nous-même. L'accélération de la pesanteur,  $g$ , a été calculée d'après les données d'étalonnage de l'appareil à Potsdam, en Mai 1941. Du fait de cet intervalle de temps, de près de six mois, entre le moment de l'étalonnage et notre travail, la liaison pourrait présenter une certaine erreur. Mais cette erreur ne saurait être trop grande, étant donné que les quatre pendules ont gardé entre eux la position d'oscillation et se maintenaient étroitement groupés même après 12 heures de leur mises en fonction. Avant de commencer les déterminations les pendules ont été suspendus, plusieurs jours, et mis en oscillation afin d'entrer d'avance en régime de travail.





Le calcul de  $g$  pour la station Roşu a été effectué d'après la formule:

$$g \text{ Potsdam} - g \text{ Roşu} = 2 g \text{ Potsdam} \frac{T \text{ Roşu} - T \text{ Potsdam}}{T \text{ Potsdam}}$$

$$= 2 \times 981,275_3 \frac{0,9902,779_7 - 0,9899,125_4}{0,989,125_4} = 724_5 \quad (2)$$

$$g \text{ Roşu} = 981,275_3 - 0,724_5 = 980,559_8$$

Le nivellement a été mesuré provisoirement au baromètre Paulin et les données sont inscrites dans le tableau général.

En relation avec ce nivellement, ont été faits les calculs des corrections topographiques et des corrections d'air libre de BOUGUER, isostatique d'après le système PRATT-HAYFORD à surface de compensation à 113,7 km, isostatique d'après le système AIRY-HEISKANEN admettant une épaisseur d'écorce de 20, 30, 40 et 60 km et isostatique d'après le système de VENING-MEINESZ pour une épaisseur d'écorce de 25 km, l'effet étant réparti à toute l'épaisseur ou seulement à la partie inférieure. Ces calculs ont été faits, dans leur plus grande partie, d'après les tables pour le calcul des corrections <sup>1)</sup>. Les indications concernant les calculs ont été empruntés aux dernières publications de l'Institut d'Isostasie à Helsinki <sup>2)</sup> et aux travaux insérés dans le Bulletin Géodésique. Pour bien des calculs nous avons toutefois dressé des tables propres, comme p. ex. pour le calcul des corrections pour les zones A—I et A—K, le calcul de la différence de densité pour l'équilibre isostatique d'après le système PRATT-HAYFORD et le calcul de la profondeur de compensation pour l'équilibre isostatique d'après le système AIRY-HEISKANEN. Les résultats en sont consignés dans le tableau ci-joint (tabl. I).

Les corrections topographiques ont été faites, jusqu'à la zone K, d'après les cartes 1 : 100.000; d'après celles au 500.000

<sup>1)</sup> G. CASSINIS, P. DORE et S. BALLARIN. Fundamental tables for reducing Gravity observed values.

<sup>2)</sup> Nous regrettons seulement de ne posséder que les travaux ultérieurs au No. 4.



TABLEAU I  
Valeurs de la pesanteur et des anomalies gravimétriques

| Stations            | Latitude | Longitude<br>E.<br>Greenwich | Alt.<br>m | Pesanteur<br>normale<br>$\gamma_0$ | Pesanteur<br>mesurée<br>$g_0$ | Réductions en mgal |                 |                         |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                         | Anomalies gravimétriques en mgal |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |  |
|---------------------|----------|------------------------------|-----------|------------------------------------|-------------------------------|--------------------|-----------------|-------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------------|----------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--|--|
|                     |          |                              |           |                                    |                               | Topogr.<br>A—0     | Topogr.<br>A—10 | Isostatiques            |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                         | Free<br>air                      | Bou-<br>guer     | Isostatiques     |                  |                  |                  |                  |                  |  |  |
|                     |          |                              |           |                                    |                               |                    |                 | Pratt-Hay.<br>113,7 km. | Airy-Heiskanen   |                  |                  |                  | Vening-Meinez    |                  | Pratt-Hay.<br>113,7 km. |                                  |                  | Airy-Heiskanen   |                  |                  |                  | Vening-Meinez    |                  |  |  |
|                     |          |                              |           |                                    |                               |                    |                 |                         | 20 km            | 30 km            | 40 km            | 60 km            | 0—25             | 25               |                         |                                  |                  | 20 km            | 30 km            | 40 km            | 60 km            | 0—25             | 25 km            |  |  |
| Bucarest (Roşu) . . | 44°26'35 | 26°00'93                     | 91        | 980,578 <sub>8</sub>               | 980,550 <sub>8</sub>          | +10,42             | +11,93          | —24 <sub>7</sub>        | —17 <sub>8</sub> | —19 <sub>9</sub> | —21 <sub>8</sub> | —24 <sub>4</sub> | —17 <sub>8</sub> | —16 <sub>8</sub> | ±0                      | —10 <sub>4</sub>                 | +12 <sub>8</sub> | +5 <sub>8</sub>  | +8 <sub>0</sub>  | +9 <sub>9</sub>  | +12 <sub>8</sub> | +17 <sub>8</sub> | +16 <sub>8</sub> |  |  |
| Ploeşti . . . . .   | 44°55'97 | 26°01'92                     | 153       | 980,623 <sub>8</sub>               | 980,514 <sub>0</sub>          | 17,05              | 18,60           | —33 <sub>4</sub>        | —33 <sub>2</sub> | —35 <sub>1</sub> | —36 <sub>0</sub> | —35 <sub>8</sub> | —20 <sub>8</sub> | —22 <sub>8</sub> | —37 <sub>2</sub>        | —55 <sub>8</sub>                 | —22 <sub>4</sub> | —22 <sub>8</sub> | —20 <sub>7</sub> | —19 <sub>8</sub> | —20 <sub>0</sub> | —16 <sub>7</sub> | —14 <sub>9</sub> |  |  |
| Sinaia . . . . .    | 45°20'63 | 25°32'82                     | 820       | 980,660 <sub>4</sub>               | 980,425 <sub>8</sub>          | 83,79              | 85,70           | —67 <sub>2</sub>        | —90 <sub>0</sub> | —72 <sub>7</sub> | —65 <sub>8</sub> | —55 <sub>2</sub> | —24 <sub>8</sub> | —18 <sub>2</sub> | +18 <sub>2</sub>        | —67 <sub>8</sub>                 | —0 <sub>8</sub>  | +22 <sub>8</sub> | +5 <sub>2</sub>  | —1 <sub>9</sub>  | —12 <sub>8</sub> | —6 <sub>1</sub>  | ±0               |  |  |
| Braşov . . . . .    | 45°38'50 | 25°35'43                     | 585       | 980,687 <sub>8</sub>               | 980,538 <sub>1</sub>          | 64,26              | 66,01           | —64 <sub>0</sub>        | —79 <sub>8</sub> | —73 <sub>2</sub> | —68 <sub>8</sub> | —60 <sub>0</sub> | —1 <sub>0</sub>  | +6 <sub>8</sub>  | +31 <sub>8</sub>        | —34 <sub>4</sub>                 | +29 <sub>8</sub> | +44 <sub>9</sub> | +38 <sub>8</sub> | +34 <sub>4</sub> | +25 <sub>8</sub> | +30 <sub>8</sub> | +37 <sub>8</sub> |  |  |
| Câmpulung . . . .   | 45°15'98 | 25°02'03                     | 590       | 980,653 <sub>4</sub>               | 980,463 <sub>0</sub>          | 65,58              | 67,40           | —46 <sub>8</sub>        | —56 <sub>1</sub> | —52 <sub>8</sub> | —49 <sub>8</sub> | —46 <sub>8</sub> | —24 <sub>8</sub> | —24 <sub>9</sub> | —8 <sub>4</sub>         | —75 <sub>8</sub>                 | —29 <sub>0</sub> | —19 <sub>7</sub> | —23 <sub>8</sub> | —25 <sub>0</sub> | —29 <sub>2</sub> | —32 <sub>7</sub> | —33 <sub>8</sub> |  |  |
| Piteşti . . . . .   | 44°51'58 | 24°51'46                     | 280       | 980,616 <sub>7</sub>               | 980,495 <sub>1</sub>          | 32,03              | 33,20           | —39 <sub>7</sub>        | —43 <sub>4</sub> | —42 <sub>4</sub> | —42 <sub>1</sub> | —40 <sub>7</sub> | —11 <sub>8</sub> | —14 <sub>8</sub> | —35 <sub>2</sub>        | —68 <sub>4</sub>                 | —28 <sub>7</sub> | —25 <sub>0</sub> | —26 <sub>0</sub> | —26 <sub>8</sub> | —27 <sub>7</sub> | —23 <sub>8</sub> | —20 <sub>9</sub> |  |  |
| Târgovişte . . . .  | 44°55'89 | 25°27'80                     | 278       | 980,623 <sub>2</sub>               | 980,492 <sub>8</sub>          | 31,44              | 32,72           | —40 <sub>4</sub>        | —43 <sub>8</sub> | —43 <sub>7</sub> | —43 <sub>1</sub> | —39 <sub>9</sub> | —12 <sub>4</sub> | —15 <sub>8</sub> | —45 <sub>1</sub>        | —77 <sub>8</sub>                 | —37 <sub>4</sub> | —34 <sub>8</sub> | —34 <sub>1</sub> | —34 <sub>7</sub> | —37 <sub>9</sub> | —32 <sub>7</sub> | —29 <sub>8</sub> |  |  |
| Turnu-Măgurele . .  | 43°44'97 | 24°51'79                     | 25        | 980,516 <sub>8</sub>               | 980,515 <sub>4</sub>          | 2,83               | 3,58            | —21 <sub>1</sub>        | —15 <sub>7</sub> | —18 <sub>8</sub> | —20 <sub>8</sub> | —23 <sub>8</sub> | —21 <sub>2</sub> | —19 <sub>2</sub> | +6 <sub>7</sub>         | +3 <sub>1</sub>                  | +24 <sub>2</sub> | +18 <sub>8</sub> | +21 <sub>7</sub> | +23 <sub>8</sub> | +26 <sub>7</sub> | +27 <sub>9</sub> | +25 <sub>9</sub> |  |  |
| Craiova . . . . .   | 44°18'90 | 23°47'52                     | 90        | 980,567 <sub>8</sub>               | 980,565 <sub>8</sub>          | 10,39              | 11,24           | —28 <sub>2</sub>        | —23 <sub>8</sub> | —26 <sub>1</sub> | —28 <sub>1</sub> | —30 <sub>8</sub> | —22 <sub>1</sub> | —20 <sub>4</sub> | +25 <sub>8</sub>        | +14 <sub>2</sub>                 | +42 <sub>4</sub> | +37 <sub>8</sub> | +40 <sub>8</sub> | +42 <sub>8</sub> | +45 <sub>1</sub> | +47 <sub>9</sub> | +45 <sub>8</sub> |  |  |
| Caracal . . . . .   | 44°07'09 | 24°21'67                     | 96        | 980,549 <sub>8</sub>               | 980,546 <sub>1</sub>          | 11,10              | 12,27           | —24 <sub>9</sub>        | —19 <sub>8</sub> | —22 <sub>2</sub> | —24 <sub>1</sub> | —26 <sub>8</sub> | —15 <sub>8</sub> | —12 <sub>8</sub> | +25 <sub>9</sub>        | +13 <sub>0</sub>                 | +38 <sub>8</sub> | +32 <sub>9</sub> | +35 <sub>8</sub> | +37 <sub>7</sub> | +40 <sub>4</sub> | +41 <sub>8</sub> | +38 <sub>4</sub> |  |  |
| Slatina . . . . .   | 44°25'57 | 24°22'21                     | 165       | 980,577 <sub>8</sub>               | 980,549 <sub>4</sub>          | 17,60              | 18,59           | —29 <sub>0</sub>        | —25 <sub>8</sub> | —27 <sub>8</sub> | —29 <sub>1</sub> | —30 <sub>0</sub> | —14 <sub>7</sub> | —13 <sub>4</sub> | +22 <sub>7</sub>        | +4 <sub>1</sub>                  | +33 <sub>1</sub> | +29 <sub>7</sub> | +31 <sub>7</sub> | +33 <sub>2</sub> | +35 <sub>1</sub> | +37 <sub>4</sub> | +36 <sub>1</sub> |  |  |
| Giurgiu . . . . .   | 43°53'53 | 25°57'55                     | 20        | 980,529 <sub>4</sub>               | 980,560 <sub>0</sub>          | 2,35               | 3,36            | —19 <sub>1</sub>        | —15 <sub>0</sub> | —17 <sub>1</sub> | —18 <sub>7</sub> | —21 <sub>0</sub> | —18 <sub>2</sub> | —16 <sub>8</sub> | +36 <sub>8</sub>        | +33 <sub>4</sub>                 | +52 <sub>8</sub> | +48 <sub>4</sub> | +50 <sub>8</sub> | +52 <sub>1</sub> | +54 <sub>4</sub> | +55 <sub>0</sub> | +53 <sub>4</sub> |  |  |



TABLEAU II  
Réductions topographiques en mgal d'après les zones de Hayford

|                      | ROȘU                |        | PLOEȘTI             |        | SINAIA              |        | BRAȘOV              |        | CAMPULUNG           |        | PITEȘTI             |        | TÂRGOVIȘTE          |        | T. MĂGURELE        |       | CRAIOVA             |        | CARACAL            |        | SLATINA            |        | GIURGIU            |       |
|----------------------|---------------------|--------|---------------------|--------|---------------------|--------|---------------------|--------|---------------------|--------|---------------------|--------|---------------------|--------|--------------------|-------|---------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|-------|
|                      | Alt.                | Réd.   | Alt.                | Réd.   | Alt.                | Réd.   | Alt.                | Réd.   | Alt.                | Réd.   | Alt.                | Réd.   | Alt.                | Réd.   | Alt.               | Réd.  | Alt.                | Réd.   | Alt.               | Réd.   | A .                | Réd.   | Alt.               | Réd.  |
| Alt. . .             | 91                  |        | 153                 |        | 820                 |        | 585                 |        | 590                 |        | 280                 |        | 278                 |        | 25                 |       | 90                  |        | 96                 |        | 165                |        | 20                 |       |
| A—J . .              | 90                  | +10.19 | 187                 | +16.82 | 1223                | +80.89 | 715                 | +63.18 | 711                 | +63.99 | 325                 | +31.35 | 310                 | +30.89 | 64                 | +2.64 | 117                 | + 9.98 | 104                | +10.76 | 146                | +17.22 | 51                 | +2.19 |
| A—K . .              | 90                  | +10.22 | 189                 | +16.82 | 1198                | +81.66 | 740                 | +63.04 | 792                 | +64.34 | 330                 | +31.49 | 319                 | +31.05 | 67                 | +2.64 | 140                 | +10.00 | 104                | +10.79 | 179                | +17.22 | 64                 | +2.19 |
| L . . .              | 89                  | + 0.03 | 222                 | + 0.01 | 965                 | + 0.67 | 909                 | + 0.16 | 337                 | + 0.33 | 344                 | + 0.11 | 358                 | + 0.08 | 75                 | 0     | 148                 | + 0.03 | 103                | + 0.03 | 156                | + 0.05 | 80                 | 0     |
| M . . .              | 94                  | + 0.03 | 340                 | 0      | 681                 | + 0.80 | 855                 | + 0.40 | 389                 | + 0.38 | 377                 | + 0.11 | 448                 | + 0.05 | 93                 | +0.01 | 157                 | + 0.06 | 107                | + 0.03 | 190                | + 0.04 | 99                 | 0     |
| N . . .              | 187                 | + 0.07 | 416                 | + 0.05 | 555                 | + 0.40 | 640                 | + 0.34 | 574                 | + 0.24 | 498                 | + 0.13 | 464                 | + 0.12 | 172                | +0.03 | 201                 | + 0.06 | 157                | + 0.04 | 231                | + 0.04 | 148                | +0.03 |
| O <sub>1</sub> . . . | 332                 | + 0.08 | 346                 | + 0.08 | 431                 | + 0.16 | 436                 | + 0.19 | 403                 | + 0.16 | 386                 | + 0.09 | 380                 | + 0.07 | 300                | +0.06 | 443                 | + 0.09 | 273                | + 0.07 | 404                | + 0.09 | 235                | +0.05 |
| O <sub>2</sub> . . . | 347                 | + 0.08 | 301                 | + 0.09 | 375                 | + 0.10 | 382                 | + 0.13 | 368                 | + 0.13 | 364                 | + 0.10 | 367                 | + 0.07 | 347                | +0.09 | 614                 | + 0.15 | 569                | + 0.14 | 453                | + 0.16 | 286                | +0.08 |
| 18 . . .             | 366                 | + 0.08 | 367                 | + 0.06 | 283                 | + 0.08 | 356                 | + 0.08 | 370                 | + 0.08 | 353                 | + 0.06 | 313                 | + 0.05 | 390                | +0.06 | 506                 | + 0.10 | 600                | + 0.10 | 511                | + 0.08 | 347                | +0.05 |
| 17 . . .             | 385                 | + 0.10 | 317                 | + 0.06 | 361                 | + 0.10 | 302                 | + 0.05 | 414                 | + 0.10 | 381                 | + 0.08 | 314                 | + 0.05 | 514                | +0.10 | 369                 | + 0.11 | 503                | + 0.12 | 491                | + 0.11 | 316                | +0.05 |
| 16 . . .             | 337                 | + 0.10 | 288                 | + 0.08 | 356                 | + 0.11 | 337                 | + 0.11 | 461                 | + 0.14 | 440                 | + 0.11 | 361                 | + 0.06 | 484                | +0.11 | 400                 | + 0.11 | 397                | + 0.11 | 447                | + 0.13 | 312                | +0.08 |
| 15 . . .             | 378                 | + 0.08 | 350                 | + 0.13 | 337                 | + 0.13 | 255                 | + 0.11 | 441                 | + 0.21 | 400                 | + 0.15 | 416                 | + 0.05 | 449                | +0.12 | 428                 | + 0.13 | 441                | + 0.14 | 421                | + 0.14 | 13× 464<br>—3× 313 | +0.12 |
| 14 . . .             | 12× 477<br>—4× 165  | + 0.15 | 13× 404<br>—3× 233  | + 0.14 | 287                 | + 0.16 | 306                 | + 0.19 | 329                 | + 0.19 | 303                 | + 0.14 | 264                 | + 0.12 | 256                | +0.12 | 412                 | + 0.16 | 391                | + 0.16 | 383                | + 0.19 | 13× 385<br>—3× 457 | +0.11 |
| 13 . . .             | 12× 298<br>—4× 912  | + 0.10 | 12× 357<br>—4× 790  | + 0.16 | 12× 385<br>—4× 360  | + 0.28 | 12× 353<br>—4× 260  | + 0.27 | 13× 331<br>—3× 417  | + 0.26 | 13× 299<br>—3× 306  | + 0.24 | 13× 286<br>—3× 433  | + 0.22 | 11× 333<br>—5× 430 | +0.17 | 14× 291<br>—2× 100  | + 0.30 | 12× 342<br>—4× 212 | + 0.27 | 12× 330<br>—4× 292 | + 0.24 | 12× 308<br>—4× 700 | +0.14 |
| 12 . . .             | 14× 376<br>—2× 1050 | + 0.34 | 13× 351<br>—3× 1060 | + 0.22 | 12× 387<br>—4× 912  | + 0.20 | 33× 328<br>—3× 1200 | + 0.17 | 12× 375<br>—4× 862  | + 0.20 | 12× 250<br>—4× 938  | + 0.05 | 13× 258<br>—3× 1166 | + 0.10 | 11× 368<br>—5× 400 | +0.24 | 11× 273<br>—5× 580  | + 0.10 | 11× 336<br>—5× 540 | + 0.17 | 11× 259<br>—5× 620 | + 0.08 | 13× 519<br>—3× 967 | +0.42 |
| 11 . . .             | 11× 525<br>—5× 420  | + 0.56 | 13× 466<br>—3× 900  | + 0.55 | 13× 377<br>—3× 783  | + 0.43 | 13× 377<br>—3× 783  | + 0.43 | 13× 427<br>—3× 767  | + 0.51 | 13× 408<br>—3× 867  | + 0.45 | 13× 438<br>—3× 750  | + 0.54 | 9× 653<br>—7× 614  | +0.40 | 11× 441<br>—5× 1050 | + 0.20 | 10× 545<br>—6× 683 | + 0.36 | 11× 423<br>—5× 860 | + 0.25 | 11× 470<br>—5× 760 | +0.39 |
| 10 . . .             | 11× 405<br>—5× 1440 | ± 0    | 11× 455<br>—5× 1400 | + 0.11 | 11× 555<br>—5× 1300 | + 0.36 | 11× 397<br>—5× 960  | + 0.20 | 11× 532<br>—5× 1760 | + 0.07 | 11× 382<br>—5× 1700 | — 0.19 | 11× 407<br>—5× 1360 | + 0.05 | 8× 438<br>—8× 1387 | —0.57 | 9× 411<br>—7× 1329  | — 0.36 | 9× 383<br>—7× 1143 | — 0.26 | 9× 406<br>—7× 1285 | — 0.24 | 9× 405<br>—7× 1200 | —0.27 |
| A—O . .              |                     | +10.51 |                     | +17.05 |                     | +83.79 |                     | +64.26 |                     | +65.58 |                     | +32.03 |                     | +31.44 |                    | +2.83 |                     | +10.39 |                    | +11.10 |                    | +17.60 |                    | +2.35 |
| A—10 . .             |                     | +11.93 |                     | +18.60 |                     | +85.70 |                     | +66.01 |                     | +67.40 |                     | +33.09 |                     | +32.72 |                    | +3.51 |                     | +11.24 |                    | +12.27 |                    | +18.59 |                    | +3.36 |



et 1.500.000-e jusqu'à la zone 14 et au 10.000.000-e jusqu'à la zone 10. Au delà de la zone 10, le manque de tables nous a contraint d'utiliser des interpolations contrôlées.

L'altitude des différentes zones et les corrections topographiques sont notées dans le tableau II.

Il résulte de l'examen de ces données que les résultats obtenus par ces mesures sont très rapprochés de ceux auxquels BORRASS est parvenu en 1900. La station de Roşu se trouve à environ 10 km WNW du point où BORRASS a effectué ses déterminations, obtenant une valeur d'environ 4 mgals plus forte. Partant du fait que la valeur de la pesanteur diminue vers la station Roşu, la différence entre les deux résultats est certainement bien plus faible. Pour la station Roşu, on observe un défaut de concordance des corrections isostatiques vis-à-vis de la station Bucarest, et qui peut arriver jusqu'à 3 mgals: cette différence est probablement due à la méthode différente de calcul.

En ce qui concerne la répartition des anomalies, nous observons la prépondérance des valeurs positives. Les anomalies négatives se limitent à une bande longeant les Carpates, à l'extérieur de l'arc. Les anomalies sont importantes: elles arrivent à des différences de 90 mgals pour une distance de 100 km entre Giurgiu et Târgovişte.

L'étude des anomalies nécessite cependant un nombre plus grand de déterminations, que nous espérons avoir l'occasion de réaliser aussitôt que possible.

*Reçu: Mars 1946.*





.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



# PROSPECTION GRAVIMÉTRIQUE A LA BALANCE DE TORSION. DANS LA RÉGION DE BALȘ

PAR

SCARLAT STOENESCU

Parmi les régions qui, les dernières années, ont constitué un objet de particulière attention pour ceux qui s'intéressent aux richesses du sous-sol roumain, celle de Balș a occupé une place de premier plan. Du fait qu'il s'agit ici d'une région où les affleurements, qui seuls permettent des conclusions d'ordre géologique, sont presque totalement absents, la charge d'élucider ses secrets tectoniques est passée à la géophysique appliquée. Les institutions d'État et les grandes sociétés pétrolifères ont donc utilisé ici aussi bien des méthodes de prospection étudiant les perturbations provoquées par le sous-sol dans les champs géophysiques naturels (pesanteur, magnétisme terrestre), que des méthodes mettant en oeuvre des champs créés artificiellement (électromagnétiques et sismiques).

L'Institut Géologique et l'Administration Commerciale pour Prospections et Explorations Minières, A.C.E.X., ont effectué des levés gravimétriques et magnétiques, qui ont mis en évidence l'existence dans cette région d'une forte anomalie gravimétrique, doublée par une anomalie magnétique tout aussi importante. Dans le cadre de ces travaux ont été exécutées aussi des prospections à la balance de torsion, qui constituent l'objet du présent travail,





La région où l'on a effectué les mesures est située à la bordure sud de « la zone des plateaux ou des hautes plaines » de la Dépression Gétique (S. ȘTEFĂNESCU, I. IONESCU-ARGETOIAIA).

Cette zone est caractérisée par le fait que presque toutes les vallées qui la recoupent ont une direction prédominante NNW-SSE; il s'ensuit une division en collines et plaines étroites et parallèles, formant des plateaux plus ou moins étendus. L'époque géologique pendant laquelle ces plateaux se sont constitués est le Pliocène le plus récent, le Levantin supérieur <sup>1)</sup>.

La région présente une inclinaison générale N-S de quelques décimètres par kilomètre et montre aussi une pente vers l'E, les couches levantines plongeant vers le SE. Les principales rivières suivent l'inclinaison générale du sol et la pente des strates; leurs affluents, s'écoulant toujours dans le même sens, s'unissent à elles sous de très petits angles.

L'entière portion dans laquelle nous avons fait nos mesures est couverte par un lehm rougeâtre au-dessous duquel on trouve le Quaternaire, puis le Levantin. Au voisinage, dans un affleurement de la berge de l'Oltetu, au S de Balș, M. M. SOCOLESCU a trouvé, sous le loess, des sables plus ou moins argileux, parfois à stratification entrecroisée, montrant à la partie inférieure des intercalations d'argiles, des argiles faiblement marneuses, quelques bancs de grès argileux et de minces intercalations de lignite. Aussi bien le sable que les argiles contiennent des fossiles, parmi lesquels on distingue des Unionides, des Hydrobies, des Dreissensia, etc. En général, ces dépôts, comme ceux qui ont été traversés par des sondages à Craiova, Caracal et Piatra-Olt, présentent une densité proche de 2, dont nous tiendrons compte pour les calculs dans notre interprétation.

---

<sup>1)</sup> I. P. IONESCU-ARGETOIAIA. Pliocenul din Oltenia,



Etant donnée la grande étendue de la région qui devait être étudiée, nous avons dû renoncer à l'idée de mesures « en surface » (les plus indiquées pourtant dans une étude à la balance de torsion des anomalies gravimétriques); celles-ci auraient en effet augmenté plusieurs fois la durée et le coût des travaux. La prospection au gravimètre, bien plus rapide et moins coûteuse, a comblé en partie cette lacune.

A la suite de reconnaissances sur la carte et sur le terrain, on a décidé l'exécution de deux profils dirigés approximativement NNW-SSE:

Le premier, partant d'un point au S de Câmpeni, passant à l'W de Balș, E de Popânzălești, puis par Vișoara-Moșneni et finissant à Boșotenii.

Le second, commençant au N de Baldovinești, passant par Balș et allant jusqu'à l'E de Teiș.

La direction de ces mesures a été imposée par la nécessité de recouper l'anomalie par des profils autant que possible normaux par rapport à elle. Vu que, d'après les données approximatives connues jusqu'alors, il était à supposer que cette anomalie est dirigée presque NE-SW, nous nous sommes arrangés de façon à travailler le long de profils à direction NW-SE.

Les conditions de relief, si importantes dans les mesures à la balance de torsion vu l'influence que les accidents de surface ont sur elles, nous ont pourtant obligé d'adopter quelques modifications de direction. Le même fait nous a également empêché d'exécuter des profils de liaison entre les deux que nous venons de consigner plus haut.

#### RELATIONS TECHNIQUES SUR LES APPAREILS ET LES TRAVAUX SUR LE TERRAIN

Les mesures sur le terrain, exécutées en collaboration avec M. D. MILCOVEANU entre le 10 septembre et 13 octobre 1942, ont été faites à l'aide des balances de torsion No. 620 et No. 717 construites par la maison « Askania » de Berlin d'après le modèle Eötvös modifié par SCHWEYDAR,





L'enregistrement des observations a été fait photographiquement en trois azimuts et cinq azimuts. Les résultats obtenus par ces enregistrements nous ont servi à calculer, aussi bien le gradient horizontal de la gravitation, que la tendance directrice horizontale (produit de « g » avec la différence des courbures principales de la surface de niveau passant par la station de mesure).

Pour exprimer les grandeurs déterminées par la balance de torsion, on a utilisé, comme d'habitude, l'« Eötvös » [1 Eötvös (« E ») =  $1 \cdot 10^{-9}$  C. G. S. =  $1 \cdot 10^{-12}$  gramme force].

Rappelons que les valeurs effectivement mesurées dans une station sont les résultantes:

- du gradient et de la tendance directrice normale (les quantités qui s'observeraient si la terre était formée par des couches homogènes et limitées par une surface d'ellipsoïde sans relief), qui sous notre latitude sont, respectivement, de  $+8,2$  E et.  $-5,2$  E;

- du gradient et de la tendance directrice dus au relief topographique;

- du gradient et de la tendance directrice dus à l'inégale distribution des masses dans le sous-sol.

Intéressantes en géophysique appliquée sont les dernières composantes, qui s'obtiennent par la soustraction des valeurs mesurées des deux autres; ce sont elles que nous avons représentées sur les cartes et les profils ci-joints.

La sensibilité effective du type d'appareil que nous avons utilisé est de  $1,2 \times 10^{-9}$  C. G. S. = 1,2 unités Eötvös, pour une déviation de 0,01 cm mesurée sur la plaque photographique. La précision des mesures est pratiquement d'environ 2 à 3 Eötvös. Les erreurs de mesures sur le terrain peuvent varier entre 3 E et 5 E; elles peuvent devenir plus grandes en des terrains à relief accidenté aux dépens de l'exactitude du calcul des influences topographiques et cartographiques, qui est en rapport avec les possibilités de nivellement dans la région.

Pour la détermination de la dite influence sur les résultats des mesures, laquelle — comme il est bien connu — est basée



sur le calcul des gradients de gravitation et des grandeurs de courbure en fonction de la forme de la surface, nous avons exécuté un nivellement suivant huit directions autour de la station, allant souvent jusqu'à la distance de 150 m.

Le calcul des corrections topographiques a été fait d'après la méthode SCHWEYDAR.

En vue de la liaison entre les points de station, on a exécuté aussi des levés topographiques, les distances étant mesurées soit stadimétriquement, soit à l'aide de la chaîne.

Comme nous l'avons déjà dit, les mesures ont été faites suivant deux profils ayant au total une longueur de 33 km. Le long du premier, s'étendant sur 23 km, nous avons effectué des enregistrements en 80 stations et, suivant le second, long de 10 km, en 31 stations.

L'altitude des points de station du premier profil varie entre 120 et 160 m, et celle des points du deuxième, entre 130 et 150 m.

L'écartement habituel des stations a été fixé à approximativement 200 m; les conditions de relief nous ont toutefois souvent obligés d'agrandir cette distance. Ainsi, sur le petit profil, dans la région Vârtina-Balș, la surface accidentée et la traversée du lit de l'Oltețu nous ont imposé des points de station distancés de 500 à 800 m. De même, sur le grand profil, à la descente dans la vallée très irrégulière du Tâsluiu, pourvue en outre d'une pente abrupte de plus de 50 m, nous avons dû admettre environ 2 km d'écartement entre les deux stations respectives.

Dans les 111 points de station on a effectué 133 enregistrements, dont 22 ont représenté des répétitions pour le contrôle réciproque des deux balances de torsion et pour le calcul des erreurs. Du fait du fonctionnement defectueux de l'un des équipages de l'appareil 717, sept enregistrements ont été ratés. Il reste un nombre de 126 enregistrements effectifs, dont 97 enregistrements suivant trois azimuts et 29 suivant cinq azimuts, en 104 stations. Il en résulte que le rendement des stations a été de 78%, la différence de 22% comprenant 17%





de répétitions nécessaires au contrôle des erreurs et 5% enregistrements ratés.

Compte tenant du fait que les mesures ont été effectuées durant 26 jours non fériés, il résulte que nous avons eu un rendement journalier de

$$104/26 = 4 \text{ stations effectives/jour, ou}$$

$$126/26 = 4,85 \text{ enregistrements effectifs/jour}$$

### RÉSULTATS DES MESURES

Avec la balance No. 620 des enregistrements ont été faits suivant trois azimuts, trois mesures pouvant être réalisées en 24 heures. L'appareil 717 a travaillé une partie du temps suivant cinq positions, quand deux enregistrements seulement ont été faits dans le même intervalle de temps. Les résultats obtenus avec les deux instruments sont parfaitement concordants, chose qui a pu être précisée par des mesures de contrôle réciproque exécutées au cours du travail. Nous présentons l'une de celles-ci dans le tableau I qui suit:

TABLEAU I

| Station    | Appareil | $U_{xx}$ | $U_{yx}$ | $U_{\Delta}$ | $2 U_{xy}$ |
|------------|----------|----------|----------|--------------|------------|
| 4837 . . . | 620      | +8,0     | -14,5    | +13,9        | +6,7       |
|            | 717      | +8,1     | -15,4    | +15,1        | +5,7       |
|            | 620-717  | -0,1     | +0,9     | -1,2         | +1,0       |

Ainsi qu'on peut le remarquer d'après ces données, les différences entre les deux enregistrements ne dépassent pas la valeur de la sensibilité effective des appareils.

Les quantités mesurées par les instruments nous donnent des valeurs qui vont jusqu'à 29,8 E pour les composantes du gradient et 56,6 E pour celles de la grandeur de courbure.

En ce qui concerne l'influence du relief, on doit remarquer le fait que, dans la région prospectée, la surface est sil-



lonnée par des vallées profondes parfois de 40 m. Tous ces accidents ont été soigneusement évités; mais, parfois il n'a pas été possible d'en écarter le profil de plus de 200 à 300 m. Le choix attentif de l'emplacement des stations, comme aussi la réduction au minimum de l'action du relief par l'aplanissement et le nivellement du terrain sur un rayon de 3 m autour de la station, ont fait toutefois qu'en moyenne la correction topographique fût au-dessous de 5 E pour le gradient et au-dessous de 10 E pour la tendance directrice horizontale. Les plus grandes valeurs atteintes ont été de 18,9 E pour une composante du gradient et de 37,3 E pour l'une de la courbure.

En ce qui concerne les valeurs définitives, nous avons eu un maximum de 22 E pour le gradient et de 57 E pour la tendance directrice.

L'influence des variations de la température — aussi bien sur le moment d'inertie du système de balances, dont les dimensions changent avec la température, que sur le coefficient de torsion du fil, lequel est modifié dans un régime thermique variable — a été réduite au minimum par l'emploi d'une isolation thermique rigoureuse; celle-ci a été réalisée au moyen d'une cellule isolatrice à parois doubles, munies d'une couche de liège, et par une tente protectrice.

### CALCUL DES ERREURS

Afin de pouvoir nous rendre compte du degré de précision des valeurs obtenues par les mesures, nous avons répété un certain nombre de fois — en deux points de station — autant les observations à la balance, que le nivellement topographique.

Les tableaux II et III renferment les résultats obtenus dans l'une des stations; pour la seconde, ces résultats sont similaires.

Nous allons calculer, pour les deux sortes de résultats, et pour chacune des composantes, les quantités qui suivent:

$e_r$  = l'erreur moyenne arithmétique (la moyenne arithmétique des erreurs),





TABLEAU II  
Corrections topographiques

| Station      | $U_{xx}$ | $U_{yy}$ | $U_{\Delta}$ | $2 U_{xy}$ |
|--------------|----------|----------|--------------|------------|
| 4835 . . . . | -2,1     | +1,8     | +3,8         | +1,8       |
|              | -2,2     | +0,8     | +3,8         | +1,8       |
|              | -2,0     | +0,7     | +2,3         | -1,0       |
|              | -1,5     | +0,6     | 0            | +4,0       |
|              | -1,9     | +0,7     | +1,0         | +3,0       |
|              | -1,6     | +0,9     | +2,3         | +2,5       |

TABLEAU III  
Grandeurs déterminées à la balance de torsion

| Station -    | Appareil | $U_{xx}$ | $U_{yy}$ | $U_{\Delta}$ | $2 U_{xy}$ |
|--------------|----------|----------|----------|--------------|------------|
| 4835 . . . . | 620      | +11,1    | -17,8    | +19,0        | +4,7       |
|              |          | +10,7    | -18,5    | +19,0        | +4,7       |
|              |          | +10,3    | -17,8    | +18,2        | +6,0       |
|              |          | +10,7    | -19,3    | +19,0        | +6,0       |
|              |          | +11,3    | -18,9    | +17,8        | +5,4       |
|              |          | +11,3    | -18,2    | +18,6        | +5,4       |
|              |          | +11,3    | -18,2    | +18,6        | +5,4       |
|              |          | +11,7    | -18,9    | +18,6        | +5,4       |
|              |          | +11,9    | -18,5    | +17,4        | +6,0       |

$e_s$  = l'erreur moyenne quadratique (l'erreur moyenne sur une seule observation),

$e_m$  = l'erreur de la moyenne arithmétique des observations,

$e_{s0}$  = l'erreur moyenne quadratique probable,

$e_{m0}$  = l'erreur probable de la moyenne arithmétique.

Si nous notons par:

$v$  = l'erreur résiduelle (la différence entre la valeur la plus probable et chacun des résultats de la mesure) et par

$n$  = le nombre des mesures



nous obtiendrons les expressions suivantes:

$$e_r = \pm \frac{\Sigma v}{n}$$

$$e_s = \pm \sqrt{\frac{\Sigma v^2}{n-1}}$$

$$e_m = \pm \frac{e_s}{\sqrt{n}}$$

$$e_{s0} = \pm 0,6745 e_s$$

$$e_{m0} = \pm 0,6745 e_m$$

Les valeurs des erreurs, résultées des calculs, sont comprises dans les tableaux IV et V:

TABLEAU IV

*Erreurs de la détermination des corrections topographiques*

| Composante             | $e_r$ | $e_s$ | $e_m$  | $e_{s0}$ | $e_{m0}$ |
|------------------------|-------|-------|--------|----------|----------|
| $U_{xz}$ . . . . .     | 0,220 | 0,278 | 0,1135 | 0,1875   | 0,0766   |
| $U_{yz}$ . . . . .     | 0,295 | 0,444 | 0,1813 | 0,2995   | 0,1223   |
| $U_{\Delta}$ . . . . . | 1,133 | 1,511 | 0,6170 | 1,0192   | 0,4162   |
| $2 U_{xy}$ . . . . .   | 1,150 | 1,693 | 0,6913 | 1,1419   | 0,4663   |

TABLEAU V

*Erreurs de la détermination des grandeurs mesurées à la balance de torsion*

| Composante             | $e_r$  | $e_s$  | $e_m$  | $e_{s0}$ | $e_{m0}$ |
|------------------------|--------|--------|--------|----------|----------|
| $U_{xz}$ . . . . .     | 0,3947 | 0,5077 | 0,1692 | 0,3424   | 0,1141   |
| $U_{yz}$ . . . . .     | 0,4049 | 0,5026 | 0,1675 | 0,3390   | 0,1130   |
| $U_{\Delta}$ . . . . . | 0,4443 | 0,5656 | 0,1885 | 0,3815   | 0,1272   |
| $2 U_{xy}$ . . . . .   | 0,3702 | 0,5052 | 0,1684 | 0,3408   | 0,1136   |

Les résultats que nous venons de consigner permettent les conclusions qui suivent:

1. Les erreurs de la détermination des corrections topographiques sont plus grandes que celles de la détermination des





quantités mesurées à la balance de torsion. Le fait était à attendre, étant données les conditions dans lesquelles le nivellement a été exécuté: un appareil topographique fatigué et de moyenne précision, l'influence des variations de la température, défaut de correspondance dans le point de placement de la mire dans les cas de répétition des mesures, etc. En revanche, en ce qui concerne les mesures à la balance, nous avons disposé d'appareils de haute précision pourvus d'un isolement thermique parfait, de conditions identiques de répétition des enregistrements, etc.

2. Les erreurs de nos déterminations sont, dans les deux catégories de mesures, inférieures aux valeurs moyennes obtenues dans les travaux similaires.

3. L'erreur probable qui peut être commise au cas où l'on effectue plusieurs mesures au même point de station est plus petite que 0,5 E pour les corrections topographiques et au-dessous de 0,13 E pour les déterminations à la balance.

4. L'erreur d'une seule observation — le cas le plus intéressant, étant le cas habituel dans nos travaux — est inférieure à 1,15 E pour les corrections de nivellement et à 0,4 E pour les enregistrements à la balance de torsion.

#### LES RÉSULTATS DES MESURES ET LEUR INTERPRÉTATION

Les résultats des mesures sont condensés sur la première des deux planches annexées à notre texte. Cette planche présente la carte de la région étudiée, avec la majorité des points de station. Dans chacun de ces points, on trouve représenté aussi bien le gradient horizontal de la pesanteur que la grandeur de courbure.

L'étude des gradients permet de constater, sur les deux profils, une zone de maximum de la gravitation, celle où les gradients changent de sens.

Cette zone, qui correspond à la région dans laquelle la structure dense du tréfonds est plus rapprochée de la surface, coïncide avec la zone de maximum gravitationnel indiquée par les mesures faites au gravimètre. De même, entre les iso-



gammes tracées d'après les levés faits avec ce dernier instrument et les gradients horizontaux de gravitation obtenus avec les balances de torsion il y a une parfaite superposition.

Les grandeurs de courbure indiquent également et de manière nette les zones de perturbation de la région axiale de la formation.

En ce qui concerne l'interprétation des données gravimétriques, deux méthodes de travail peuvent être utilisées: l'une est celle de « la comparaison », l'autre est basée sur des considérations géométriques et analytiques.

Dans la première méthode, il est nécessaire de connaître un nombre aussi grand que possible de déterminations type pour les différentes structures et accidents géologiques qui peuvent être rencontrés en pratique et qui constituent dans leur ensemble une sorte d'« Atlas ». Nous remarquons à regret que les travaux jusqu'à ce jour n'ont pas été suffisants pour qu'un tel atlas puisse être publié, si bien que la « méthode de la comparaison », bien que simple et rapide, ne peut être utilisée de façon habituelle.

La deuxième méthode doit poursuivre, par le calcul, la détermination d'une structure susceptible de provoquer une anomalie aussi rapprochée que possible de celle qui a été mesurée. En différents travaux publiés, les auteurs de méthodes qui peuvent s'intégrer dans cette deuxième catégorie, sont généralement partis de structures bidimensionnelles — à troisième dimension infinie — ce qui ne représente pas pratiquement une grande approximation par rapport aux cas réels.

Afin d'interpréter les résultats obtenus à la balance de torsion dans la région de Balș, nous avons employé la méthode graphique indiquée par H. HAALCK <sup>1)</sup>. Partant du profil offert par la projection des gradients du grand profil des mesures suivant la direction A — A' — qui est présenté sur la deuxième planche — nous avons choisi la structure qui produit une anoma-

<sup>1)</sup> HANS HAALCK. Die gravimetrischen Verfahren der angewandten Geophysik. Borntraeger. Berlin. 1929.





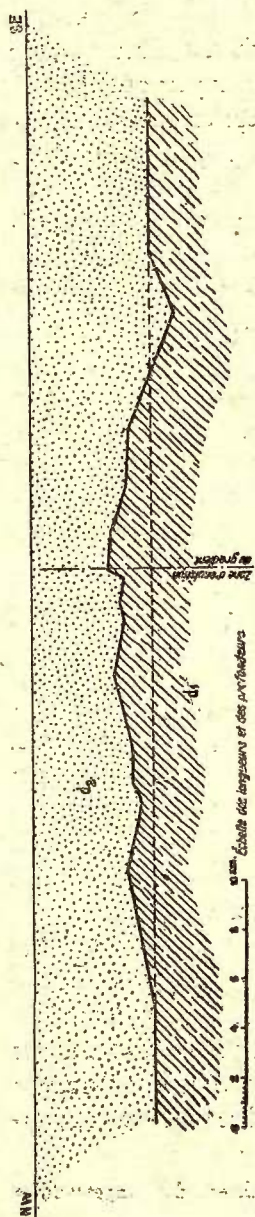


Fig. 1

lie de la forme la plus rapprochée de celle qui a été mesurée, à savoir un anticlinal. Pour la différence entre les densités moyennes des deux milieux en contact nous avons pris la valeur  $d_1 - d_2 = 0,4$  que les conditions géologiques de la région désignent comme la plus probable. Par des essais répétés, en rapportant des modifications successives à la forme anticlinale initiale, nous sommes parvenus à la structure consignée sur la fig. 1, qui donne une courbe de la variation du gradient presque identique à celle qui a été mesurée.

Le point le plus rapproché de la surface de la formation plus dense se trouve à environ 3000 m. à partir du niveau du sol. La structure présente vers le SE un flanc plus incliné, arrivant à y dépasser 5000 m de profondeur, et un autre moins incliné vers le NW. Dans cette dernière direction, il y a aussi une série d'autres petites ondulations.

Les résultats présentés plus haut sont valables dans l'hypothèse d'une différence de densité moyenne de 0,4; les éventuelles nouvelles valeurs — obtenues p. ex. par des échantillons de travaux de forage — peuvent modifier en partie les résultats de cette interprétation.

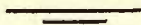
## CONCLUSIONS

Les mesures à la balance de torsion effectuées dans la région de Balș ont mis en évidence une zone de maximum gravimétrique passant approximativement par la ville de Balș et qui se dirige ensuite SSE vers le N de la commune de Popânzălești.

Cette anomalie gravimétrique est probablement provoquée par une structure anticlinale plus dense d'environ 0,4 que les dépôts environnants; elle arrive, par sa partie supérieure, à près de 3000 m du niveau de la surface.

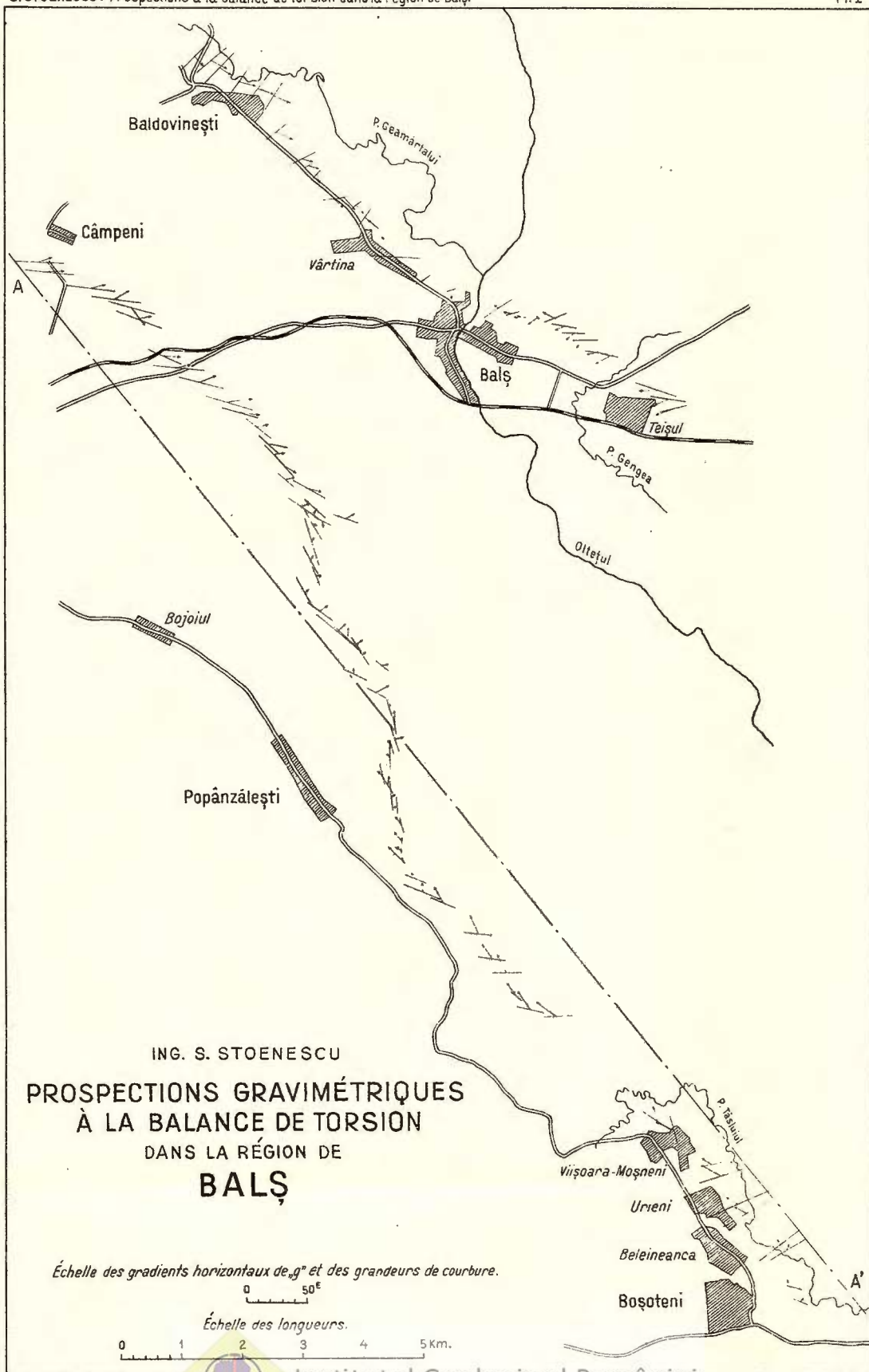
Cette formation plus dense semble représenter un prolongement du bord de la Plate-forme Prébalkanique.

Il est intéressant à noter que les données des mesures à la balance de torsion ont été entièrement confirmées par celles obtenues au gravimètre.



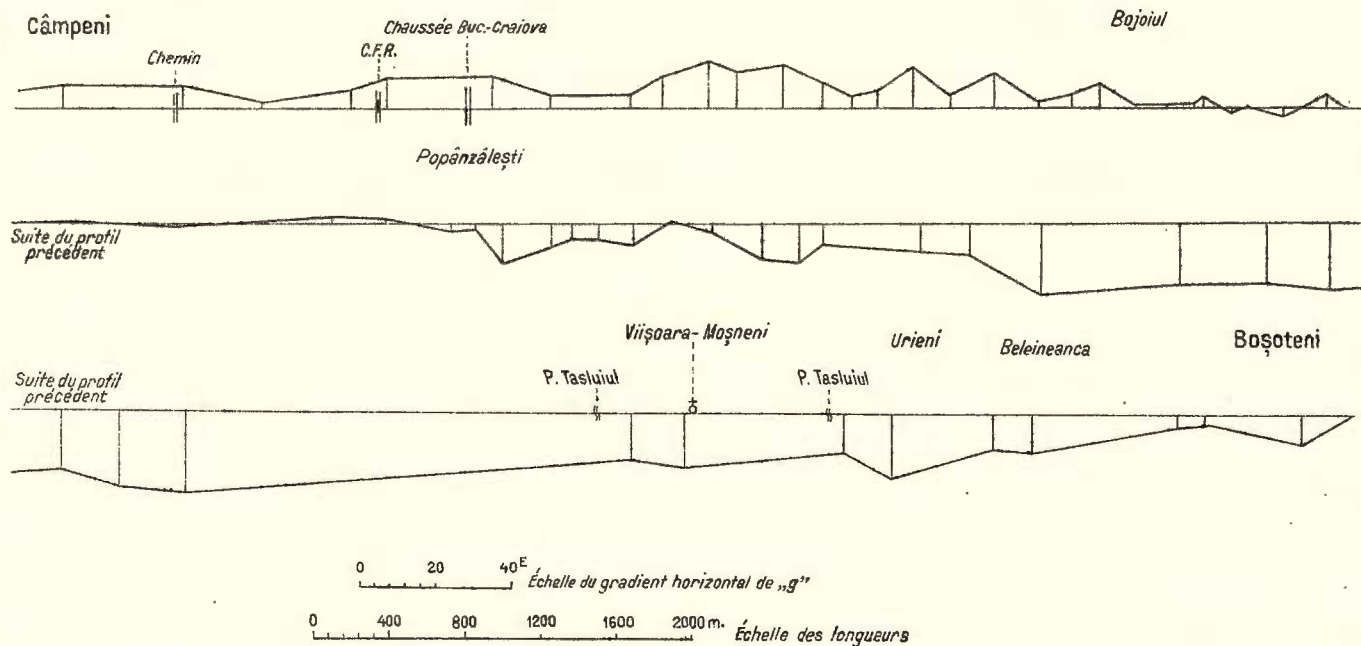








ING. S. STOENESCU  
 PROFIL DE LA PROJECTION DU GRADIENT HORIZONTAL DE „G”  
 DANS LA RÉGION DE  
 BALȘ



# MODÈLES THÉORIQUES DE MILIEUX HÉTÉROGÈNES POUR LES MÉTHODES DE PROSPECTION ÉLECTRIQUE A COURANTS STATIONNAIRES

PAR

SABBA S. STEFANESCU

1. *Introduction.* — Parmi les nombreux problèmes d'ordre théorique que posent les méthodes de prospection électrique, il en est un qui semble a première vue devoir être susceptible d'un traitement mathématique complet, attendu que ses données sont exactement nécessaires et suffisantes pour déterminer une solution unique bien définie. C'est le « problème des modèles » dont on peut donner l'énoncé suivant: On suppose connue la distribution de la conductivité  $\sigma$  en fonction des coordonnées  $x, y, z$  dans un demi-espace infini (sous-sol). Quel est le champ électromagnétique produit dans ce milieu par un ensemble — également connu — de courants appliqués à la surface du sol? Ce problème, qui est celui de la distribution électrique en milieu hétérogène et que nous appelons « problème des modèles » pour indiquer son rôle dans la prospection électrique, a fait l'objet de nombreuses recherches qui se sont heurtées aux difficultés bien connues des équations aux dérivées partielles de la Physique Mathématique. Il n'est point dans notre intention de passer en revue les résultats plutôt décevants auxquels ont abouti ces efforts. Nous remarquerons seulement que presque tous les théoriciens ont concentré leurs





attaques sur des problèmes simplifiés, où l'hétérogénéité du sous-sol se réduit à un corps ayant une forme géométrique bien définie: sphère, ellipsoïde, cylindre elliptique, etc. et dont la conductivité est une constante différente de celle du milieu environnant. Le type de solution auquel on arrive ainsi par la voie des équations intégrales linéaires, par la méthode des coordonnées isothermes ou en utilisant d'autres artifices mathématiques, présente une importance scientifique indéniable mais reste en général dépourvu de conséquences pratiques. La complexité des calculs numériques nécessaires à l'établissement du plus modeste des modèles théoriques est en effet telle qu'elle peut rebuter tous ceux qui n'accordent pas à ce genre de questions un intérêt purement spéculatif. Si l'on peut objecter que HUMMEL <sup>1)</sup> et ȘTEFĂNESCU <sup>2)</sup>, en employant une méthode due à RANKINE, ont bien construit des modèles de corps parfaitement conducteurs ou isolants dont on peut déterminer par des moyens graphiques simples l'influence perturbante sur un champ Schlumberger normal, il n'en reste pas moins vrai que ces « corps » changent continuellement de forme si l'on déplace les électrodes, ce qui les rend inaptes à l'étude des méthodes à électrodes mobiles (résistivités, sondages électriques, etc.).

Nous nous proposons de montrer dans le présent travail que, en sacrifiant la géométrie de la forme et la constance de la conductivité des modèles (particularités auxquelles aucun prospecteur n'attache d'ailleurs beaucoup de prix), il est possible de construire des modèles d'hétérogénéités continues, semblables à des imprégnations diffuses, sur lesquels on peut opérer correctement avec n'importe quelle méthode à courants stationnaires. On peut ainsi constituer des expériences « sur pa-

<sup>1)</sup> J. N. HUMMEL: Untersuchung der Potentialverteilung um verschiedene Störungskörper, etc. *Gerlands Beiträge z. Geoph.* Bd. XXI, H. 2/3, 1929.

<sup>2)</sup> S. S. ȘTEFĂNESCU: Études théoriques sur la prospection électrique. I Série. *Inst. Geol. Rom. Studii Tehnice și Economice*, vol. XIV, fasc. I, 1929, p. 48—53.



pier » qui, croyons-nous, pourront présenter un intérêt réel dans les applications et la discussion des possibilités de ces méthodes.

2. *Changement de forme de l'équation générale des champs électriques stationnaires; les scalaires  $\alpha$  et  $\varphi$ .* — On sait que la répartition des courants stationnaires dans les milieux hétérogènes isotropes est gouvernée par les deux équations de MAXWELL

$$(1) \quad \operatorname{div} j = 0, \quad \operatorname{rot} E = 0, \quad (2)$$

complétées par la loi d'OHM

$$(3) \quad j = \sigma E.$$

On désigne — comme d'habitude — par

$j$ , le vecteur densité de courant,

$E$ , le vecteur champ électrique,

$\sigma$ , la conductivité du milieu, supposé isotrope.

Nous admettrons dans ce qui suit — sauf spécification du contraire — que  $\sigma$  est une fonction continue des coordonnées  $x, y, z$ , pourvue de dérivées partielles des deux premiers ordres également continues.

On résout ordinairement le système d'équations précédent en définissant le champ électrique comme le gradient, changé de signe, d'un potentiel scalaire  $\varphi$

$$(4) \quad E = -\nabla\varphi,$$

ce qui permet de satisfaire identiquement à l'éq. (2).

En vertu de la loi d'OHM (3), l'éq. (1) s'écrit dans ces conditions

$$(5) \quad \operatorname{div} (\sigma \nabla \varphi) = 0$$

ou d'une manière plus explicite

$$(6) \quad \sigma \Delta \varphi + \nabla \sigma \cdot \nabla \varphi = 0.$$

Cette relation exprime sous forme condensée tout ce que la théorie classique de l'Électricité permet d'affirmer au sujet de la distribution du courant continu dans un milieu hétéro-





gène isotrope; aussi l'appellerons-nous dans la suite l'équation *Générale des courants stationnaires*.

Transformons cette équation en posant

$$(7) \quad \boxed{\sigma = \alpha^2} \quad \alpha = +\sqrt{\sigma}, \quad \nabla \sigma = 2\alpha \nabla \alpha$$

$\alpha$  est — comme  $\sigma$  — un scalaire partout positif. Après suppression du facteur  $\alpha$ , l'équation générale (6) s'écrit

$$\alpha \Delta \varphi + 2 \nabla \alpha \cdot \nabla \varphi = 0$$

ou, en vertu de l'identité

$$\begin{aligned} \Delta (\alpha \varphi) &= \alpha \Delta \varphi + 2 \nabla \alpha \cdot \nabla \varphi + \varphi \Delta \alpha, \\ \Delta (\alpha \varphi) - \varphi \Delta \alpha &= 0. \end{aligned}$$

Si l'on définit un nouveau champ scalaire  $\psi$  par l'égalité

$$(8) \quad \boxed{\psi = \alpha \varphi}$$

l'éq. générale des courants stationnaires prendra la forme symétrique

$$(9) \quad \boxed{\frac{\Delta \psi}{\psi} = \frac{\Delta \alpha}{\alpha}}$$

Cette forme est remarquable par l'analogie parfaite des rôles qui y jouent le champ de la quantité  $\alpha$ , caractéristique du milieu matériel, et le champ  $\psi$ , dû aux f.é.m. appliquées. On en déduit que si l'on intervertit les surfaces  $\alpha = \text{const.}$  et  $\psi = \text{const.}$  dans un domaine  $D$ , la nouvelle distribution des conductivités et du potentiel représentera encore un champ électrique possible dans  $D$ .

Il est important de remarquer que l'éq. (9) est identiquement satisfaite si l'on prend pour  $\psi$  et  $\alpha$  des fonctions harmoniques, puisque dans ce cas

$$(10) \quad \Delta \psi = 0, \quad \Delta \alpha = 0.$$

Réciproquement, si  $\psi$  et  $\alpha$  sont deux fonctions harmoniques dans un domaine  $D$ ,  $\alpha$  étant de plus assujettie à être po-



sitive dans ce domaine, les fonctions  $\varphi = \psi/\alpha$  et  $\sigma = \alpha^2$  représentent respectivement le potentiel et la conductivité d'un champ de courants possible dans D. La démonstration de ce théorème se fait en vérifiant que la suite inverse des équations précédentes, depuis l'éq. (9) jusqu'à l'éq. générale (6) est identiquement satisfaite par les fonctions  $\varphi$  et  $\sigma$  ainsi définies.

Il est tout indiqué, en vue de la construction pratique des modèles, de choisir pour  $\psi$  et  $\alpha$  des *potentiels newtoniens* dus à des *sources ponctuelles discrètes*, distribuées arbitrairement dans l'espace; aussi parlerons-nous souvent dans la suite de *sources* ou *centres*  $\alpha^1$ ) à titre de sources de conductivité et de *sources*  $\psi$  ou sources de potentiel.

3. *Cas d'une source  $\alpha$  et d'une source  $\psi$ .* Les solutions les plus simples des équations (10) susceptibles de présenter un intérêt physique sont

$$(11 \text{ a, b}) \quad \psi_0 = \frac{A}{r}, \quad \alpha = B + \frac{C}{R},$$

$$(12 \text{ a, b}) \quad \varphi_0 = \frac{A}{r} \cdot \frac{1}{B + \frac{C}{R}}, \quad \sigma = \left( B + \frac{C}{R} \right)^2,$$

où  $r$  et  $R$  désignent respectivement les distances du point de mesure  $M$  à la source de courant placée en  $O$  et à la source  $\alpha$  placée en  $S$ ; ces sources sont elles-mêmes situées dans un milieu dont la conductivité « de base » ou « à l'infini » est  $B$ .

$A$ ,  $B$ , et  $C$  sont des constantes positives.

Cherchons la signification physique de la distribution électrique représentée par les équations (12).

<sup>1)</sup> Il est bien entendu que ces appellations sont commodes mais incorrectes, attendu que  $\alpha$  n'est pas une conductivité et  $\psi$  n'est pas un potentiel, au sens habituel de ces concepts. Nous croyons devoir attendre que ces grandeurs aient démontré leur utilité réelle dans l'étude des milieux hétérogènes, avant de proposer des dénominations qui nous semblent plus adéquates, comme par exemple: « prendivité » pour  $\alpha$  (de *prehendere* = prendre) et « parapotentiel » pour  $\psi$ .





La conductivité a la symétrie sphérique autour de  $S$ . A grande distance de  $S$ , elle tend vers la valeur constante  $B^2$ ; à petite distance, elle croît comme  $C^2/R^2$ .

Le potentiel  $\varphi_0$  présente un pôle en  $O$  et s'annule en  $S$ . Au voisinage de  $O$

$$\varphi_0 \sim \frac{A}{\alpha_0} \cdot \frac{1}{r} = \frac{I}{4\pi\alpha_0^2} \cdot \frac{1}{r}$$

où  $I$  est l'intensité totale qui entre au point  $O$  et  $\alpha_0$ ,  $\sigma_0$  les valeurs de  $\alpha$  et  $\sigma$  en ce point. On en déduit

$$(13) \quad I = 4\pi\alpha_0 \cdot A = 4\pi \left( B + \frac{C}{d} \right) A,$$

$d$  étant la distance entre  $O$  et  $S$ .

Puisque le potentiel  $\varphi_0$  ne présente pas d'autres singularités que  $O$  et que, par ailleurs, il décroît à grande distance comme  $1/r$  on peut affirmer que le champ étudié est celui d'une *électrode ponctuelle  $O$  qui introduit un courant  $I$  (13) dans un milieu indéfini, doué de la conductivité variable (12 b) et où le point  $S$  est maintenu au potentiel zéro.*

Il est facile de montrer que le fait de maintenir  $S$  au potentiel zéro correspond à une absorption de courant en ce point. A cet effet, calculons l'intensité totale du courant traversant la surface d'une petite sphère de rayon  $R$  tracée autour du point  $S$  pris comme centre.

La densité de courant est

$$(14) \quad \begin{aligned} j &= -\alpha^2 \nabla \varphi_0 = -\alpha \nabla \psi_0 + \psi_0 \nabla \alpha \\ &= \left( B + \frac{C}{R} \right) \frac{\nabla r}{r^2} - \frac{A}{r} \cdot C \frac{\nabla R}{R^2}. \end{aligned}$$

L'intensité du courant passant par l'élément de surface  $R^2 d\Omega$  ( $\Omega$ , angle solide au centre) de la sphère de rayon  $R$  est

$$(j \cdot \nabla R) R^2 d\Omega = \left\{ (BR^2 + CR) \frac{A}{r^3} (\nabla r \cdot \nabla R) - \frac{AC}{r} (\nabla R)^2 \right\} d\Omega.$$



Si l'on effectue la sommation sur la sphère de rayon  $R$ , on peut prouver que le premier terme du crochet donne une somme nulle pour  $R \rightarrow 0$ , de sorte qu'à la limite  $R = 0$

$$(15) \quad \int (j \cdot \nabla R) R^2 d\Omega = -\frac{AC}{d} \int (\nabla R)^2 d\Omega = -\frac{AC}{d} \cdot 4\pi.$$

En résumé, il y a en  $S$  une absorption de courant d'intensité égale à  $4\pi AC/d$ . Pour éviter cette déperdition, *plaçons en  $S$  une source de courant* ayant un débit précisément égal à  $4\pi AC/d$ . Cette source produira un champ radial ayant la densité

$$j_s = \frac{AC}{d} \cdot \frac{\nabla R}{R^2},$$

ce qui correspond à un champ électrique

$$-\nabla \varphi_s = \frac{j_s}{\alpha^2} = \frac{AC}{dB^2} \cdot \frac{\nabla R}{\left(R + \frac{C}{B}\right)^2},$$

et à un potentiel

$$\varphi_s = \frac{AC}{dB^2} \cdot \frac{1}{R + \frac{C}{B}} = \frac{AC}{dB} \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{1}{R}.$$

Le potentiel total du nouvel état électrique ainsi constitué sera

$$(16) \quad \varphi = \varphi_0 + \varphi_s = \frac{1}{\alpha} \left( \frac{A}{r} + \frac{AC}{dB} \cdot \frac{1}{R} \right),$$

correspondant à

$$(17) \quad \psi = \frac{A}{r} + \frac{AC}{dB} \cdot \frac{1}{R}.$$

La conservation du fluide électrique est à présent assurée en tous les points du milieu indéfini envisagé (sauf l'électrode





émissive  $O$ ) et, par suite, l'expression (16) représente le potentiel  $\varphi$  de la source ponctuelle  $O$  dans ce milieu particulier.

Nous avons ainsi obtenu le plus simple des modèles de champ en milieu hétérogène susceptible d'être construit par notre méthode.

4. *Influence d'un centre  $\alpha$  placé dans le sol, sur un champ  $S$  normal.* Il est facile d'obtenir par un artifice classique l'effet que produit sur le champ d'une électrode ponctuelle — placée à la surface du sol — la présence à l'intérieur du sol d'une hétérogénéité  $\alpha$  du type (11 b). On suppose la surface du sol plane et l'on considère le milieu indéfini obtenu en complétant le demi-espace inférieur (sol) par un demi-espace supérieur dont la conductivité en chaque point est égale à celle au point du sol symétrique par rapport à la surface. Suivant une voie classique, le problème posé se ramène alors au suivant: Trouver la distribution potentielle autour d'une électrode ponctuelle placée dans le plan médian d'un milieu indéfini

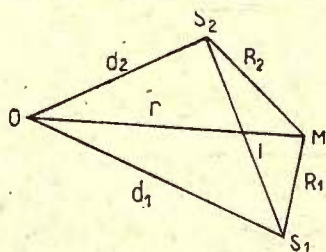


Fig. 1

contenant deux centres  $\alpha$  égaux et symétriques par rapport à ce plan. Avant de résoudre ce problème, nous envisagerons d'abord celui, un peu plus général, de l'électrode ponctuelle en présence de deux centres  $\alpha$  inégaux, placés arbitrairement dans un milieu indéfini.

En un point quelconque  $M$ , les notations étant celles de la figure 1,

$$(18) \quad \alpha = B + \frac{C_1}{R_1} + \frac{C_2}{R_2}$$

où  $B$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  sont des constantes positives.

Afin de pouvoir réaliser la conservation du flux électrique dans tout l'espace, on est conduit — comme au paragraphe précédent — à prendre pour  $\psi$  une expression ayant la forme



$$(19) \quad \psi = \frac{A}{r} + \frac{D_1}{R_1} + \frac{D_2}{R_2}$$

où  $A$ ,  $D_1$ ,  $D_2$  désignent également des constantes.

Cherchons à déterminer les constantes  $D_1$  et  $D_2$  par la condition que l'électricité se conserve aux points  $S_1$  et  $S_2$ . Écrivons à cet effet que les flux qui traversent les surfaces de deux petites sphères de rayons  $R_1$  et  $R_2$ , ayant leurs centres en  $S_1$  et  $S_2$ , sont nuls. La densité de courant

$$\begin{aligned} j &= \psi \nabla \alpha - \alpha \nabla \psi \\ &= \left( \frac{A}{r} + \frac{D_1}{R_1} + \frac{D_2}{R_2} \right) \left( -\frac{C_1}{R_1^2} \nabla R_1 - \frac{C_2}{R_2^2} \nabla R_2 \right) \\ &\quad + \left( B + \frac{C_1}{R_1} + \frac{C_2}{R_2} \right) \left( \frac{A}{r^2} \nabla r + \frac{D_1}{R_1^2} \nabla R_1 + \frac{D_2}{R_2^2} \nabla R_2 \right) \end{aligned}$$

fait passer à travers l'élément de surface  $R_1^2 d\Omega$  de la première de ces sphères un élément de flux électrique

$$\begin{aligned} (j \cdot \nabla R_1) R_1^2 d\Omega &= \\ &= -\left( \frac{A}{r} + \frac{D_1}{R_1} + \frac{D_2}{R_2} \right) \left[ C_1 (\nabla R_1)^2 + C_2 \frac{R_1^2}{R_2^2} (\nabla R_1 \cdot \nabla R_2) \right] d\Omega \\ &\quad + \left( B + \frac{C_1}{R_1} + \frac{C_2}{R_2} \right) \left[ A \frac{R_1^2}{r^2} (\nabla r \cdot \nabla R_2) + D_1 (\nabla R_1)^2 \right. \\ &\quad \left. + D_2 \frac{R_1^2}{R_2^2} (\nabla R_1 \cdot \nabla R_2) \right] d\Omega. \end{aligned}$$

Lorsque  $R_1 \rightarrow 0$  on peut montrer que les termes contenant  $R_1^2$  en facteur deviennent négligeables et l'on peut écrire après simplification

$$(j \cdot \nabla R_1) R_1^2 d\Omega \sim \left\{ -\left( \frac{A}{r} + \frac{D_2}{R_2} \right) C_1 + \left( B + \frac{C_2}{R_2} \right) D_1 \right\} d\Omega$$

À la limite  $R_1 = 0$ ,  $r = d_1$ ,  $R_2 = l$ . Le flux de courant qui entre au point  $S_1$ , obtenu par sommation de l'expression ci-dessus sur toute la surface de la sphère, sera donc





$$4\pi \left\{ - \left( \frac{A}{d_1} + \frac{D_2}{l} \right) C_1 + \left( B + \frac{C_2}{l} \right) D_1 \right\}$$

et la conservation de ce flux au point  $S_1$  s'exprimera par l'équation

$$(20) \quad \left( B + \frac{C_2}{l} \right) D_1 - \frac{C_1}{l} D_2 = A \frac{C_1}{d_1}.$$

On trouve d'une manière analogue au point  $S_2$

$$(21) \quad -\frac{C_2}{l} D_1 + \left( B + \frac{C_1}{l} \right) D_2 = A \frac{C_2}{d_2}.$$

Le système linéaire des deux équations de conservation (20) et (21) détermine complètement les inconnues  $D_1$  et  $D_2$ . En effet, d'après les hypothèses faites sur  $B$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  le déterminant.

$$\Delta = B^2 + B(C_1 + C_2)/l$$

est essentiellement positif; le système admet donc toujours une solution et une seule

$$(22) \quad D_1 = \frac{A}{\Delta} C_1 \left\{ \frac{B}{d_1} + \left( \frac{C_1}{d_1} + \frac{C_2}{d_2} \right) \frac{1}{l} \right\},$$

$$D_2 = \frac{A}{\Delta} C_2 \left\{ \frac{B}{d_2} + \left( \frac{C_1}{d_1} + \frac{C_2}{d_2} \right) \frac{1}{l} \right\}.$$

Si, en particulier, les deux sources  $\alpha$  sont placées à égale distance de l'électrode  $O$  et sont de grandeur égale, on peut écrire

$$(23) \quad d_1 = d_2 = d, \quad C_1 = C_2 = C, \quad D_1 = D_2 = \frac{AC}{Bd}.$$

On voit que les constantes  $D_1$  et  $D_2$  prennent dans ce cas la même valeur que si chacune des sources  $\alpha$  était toute seule dans le milieu considéré. Si au lieu d'une seule électrode on en envisage deux, dont la seconde absorbe le courant émis par la première, on se trouve dans les conditions habituelles



d'application de la méthode des résistivités et du sondage électrique vertical, telles quelles ont été employées sur une grande échelle par SCHLUMBERGER (champ S). Par suite de son importance pratique, nous examinerons plus en détail le comportement du dispositif quadrupole classique  $PMNQ$  ( $P$  et  $Q$  électrodes de courant,  $M$  et  $N$  électrodes de potentiel) au dessus d'une hétérogénéité du type  $\alpha$ .

Supposons d'abord l'existence d'une seule électrode — émissive —  $P$ , à la surface du sol. D'après ce qui précède, le potentiel a pour expression à la surface du sol

$$\varphi = A \cdot \frac{\frac{I}{r} + \frac{2C}{Bd} \cdot \frac{I}{R}}{B + 2 \frac{C}{R}}.$$

Puisque le courant, dont nous appellerons  $I$  l'intensité totale, s'écoule seulement dans le demi-espace inférieur (sol), nous préciserons la constante  $A$  par la condition qu'au voisinage de l'électrode  $P$

$$\varphi \approx \frac{I}{2\pi\alpha_P} \cdot \frac{I}{r} = A \frac{I}{B + 2 \frac{C}{d_P}} \cdot \frac{I}{r},$$

ce qui nous conduit à prendre

$$(24) \quad A = \frac{I}{2\pi} \cdot \frac{I}{B + 2 \frac{C}{d_P}} = \frac{I}{2\pi\alpha_P},$$

$\alpha_P$  étant la valeur de  $\alpha$  au point  $P$ .

Le potentiel déterminé en un point quelconque  $T$ , de la surface par l'entrée en  $P$  du courant  $I$  sera donc (fig. 2)

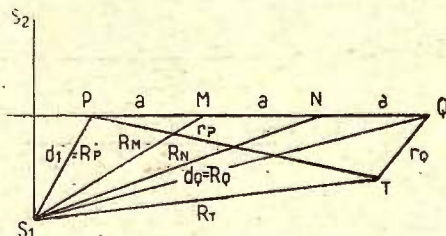


Fig. 2





$$(25) \quad \varphi_P = \frac{I}{2\pi\alpha_P\alpha_T} \left( \frac{I}{r_P} + \frac{2C}{Bd_P} \cdot \frac{I}{R_T} \right).$$

Pareillement, le potentiel déterminé au même point  $T$  par la sortie du courant  $I$  en une deuxième électrode  $Q$  sera

$$\varphi_Q = -\frac{I}{2\pi\alpha_Q\alpha_T} \left( \frac{I}{r_Q} + \frac{2C}{Bd_Q} \cdot \frac{I}{R_T} \right).$$

D'après le principe de la superposition des états électriques le potentiel au point  $T$ , au cas où les deux électrodes  $P$  et  $Q$  fonctionnent simultanément, sera

$$(26) \quad V_T = \varphi_P + \varphi_Q \\ = \frac{I}{2\pi\alpha_T} \left\{ \frac{I}{\alpha_P r_P} - \frac{I}{\alpha_Q r_Q} + \frac{2C}{BR_T} \left( \frac{I}{\alpha_P d_P} - \frac{I}{\alpha_Q d_Q} \right) \right\}.$$

Considérons en particulier le dispositif de WENNER, dans lequel les points  $P$ ,  $M$ ,  $N$  et  $Q$  se trouvent à égale distance  $a$  l'un de l'autre. La formule (26), appliquée successivement aux points  $M$  et  $N$  donne

$$V_M = \frac{I}{2\pi\alpha_M} \left\{ \frac{I}{\alpha_P a} - \frac{I}{\alpha_Q \cdot 2a} + \frac{2C}{BR_M} \left( \frac{I}{\alpha_P d_P} - \frac{I}{\alpha_Q d_Q} \right) \right\},$$

$$V_N = \frac{I}{2\pi\alpha_N} \left\{ \frac{I}{\alpha_P \cdot 2a} - \frac{I}{\alpha_Q \cdot a} + \frac{2C}{BR_N} \left( \frac{I}{\alpha_P d_P} - \frac{I}{\alpha_Q d_Q} \right) \right\}.$$

La résistivité apparente, définie par la formule bien connue

$$\rho_{ap} = 2\pi a \frac{V_M - V_N}{I},$$

s'écrit dans ce cas

$$(27) \quad \rho_{ap} = \frac{I}{\alpha_P} \left( \frac{I}{\alpha_M} - \frac{I}{2\alpha_N} \right) + \frac{I}{\alpha_Q} \left( \frac{I}{\alpha_N} - \frac{I}{2\alpha_M} \right) \\ + 2 \frac{Ca}{B} \left( \frac{I}{\alpha_P R_P} - \frac{I}{\alpha_Q R_Q} \right) \left( \frac{I}{\alpha_M R_M} - \frac{I}{\alpha_N R_N} \right)$$

où, pour la symétrie des notations, on a posé  $d_P = R_P$ ,  $d_Q = R_Q$ .



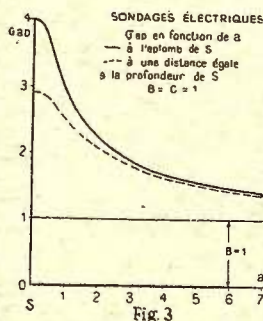
Supposons à titre d'application, que l'on exécute un *sondage électrique* en un point  $T$  de la surface de manière que la direction  $PQ$  soit perpendiculaire à la droite joignant  $T$  à la source  $S$ . On a dans ce cas

$$R_P = R_Q, \quad R_M = R_N, \quad \alpha_P = \alpha_Q, \quad \alpha_M = \alpha_N$$

et la résistivité apparente, exprimée par (27), se réduit à

$$(28) \quad \rho_{ap} = \frac{I}{\alpha_P \alpha_M} = \sqrt{\rho_P \cdot \rho_M};$$

elle est donc égale à la *moyenne géométrique des résistivités aux points-électrodes  $P$  et  $M$* . Une propriété analogue est évidemment valable pour la conductivité apparente (inverse de la résistivité apparente). La figure 3 indique l'allure de deux sondages électriques, l'un à l'aplomb de la source  $S$ , l'autre à une distance horizontale égale à la profondeur de cette source. Ainsi que l'aspect de l'égalité (28) le laissait prévoir, *aucun de ces sondages ne révèle l'existence d'un maximum de la conductivité apparente situé en profondeur*.



5. *Cas de plusieurs sources  $\alpha$ . Théorèmes d'équivalence avec les réseaux linéaires.* Si un milieu indéfini contient  $n$  sources  $\alpha$ , l'expression générale du potentiel dû à une électrode ponctuelle sera, d'après ce qui précède

$$(29) \quad \varphi = \frac{\psi}{\alpha}, \quad \psi = \frac{A}{r} + \sum_{k=1}^{k=n} \frac{D_k}{R_k}, \quad \alpha = B + \sum_{p=1}^{p=n} \frac{C_p}{R_p},$$

où  $R_i$  désigne la distance du point de mesure à la source  $S_i$ ; les  $D_i$  sont des constantes à déterminer par les *équations de conservation* de l'électricité aux sources  $S_i$ .

On obtient ces équations par une marche absolument ana-





logue a celle suivie au paragraphe précédent. La condition pour que la densité de courant

$$j = - \left( \frac{A}{r} + \sum_{k=1}^{k=n} \frac{D_k}{R_k} \right) \left( \sum_{p=1}^{p=n} \frac{C_p}{R_p^2} \nabla R_p \right) + \left( B + \sum_{p=1}^{p=n} \frac{C_p}{R_p} \right) \left( \frac{A}{r^2} \nabla r + \sum_{k=1}^{k=n} \frac{D_k}{R_k^2} \nabla R_k \right)$$

donne un flux d'électricité nul à travers une petite sphère de centre  $S_i$  se trouve être

$$(30) \quad B D_i - \frac{A}{d_i} C_i + \sum_{k=1}^{k=n} \frac{C_k D_i - C_i D_k}{l_{ik}} = 0$$

où l'on a désigné par  $l_{ik}$  la distance des sources  $S_i$  et  $S_k$  et par  $d_i$  la distance  $S_i O$ . Un moyen simple de retrouver cette équation est de l'écrire sous la forme

$$(31) \quad \frac{\frac{A}{d_i} + \sum_{k=1}^{k=n} \frac{D_k}{l_{ik}}}{B + \sum_{k=1}^{k=n} \frac{C_k}{l_{ik}}} = \frac{D_i}{C_i}$$

Elle exprime alors que le potentiel  $\varphi_i$  déterminé au point  $S_i$  par l'électrode de courant  $O$  et les autres sources  $S_i$  est égal à  $D_i / C_i$ .

Le système de  $n$  équations du type (30), que l'on obtient en donnant à  $i$  les valeurs  $i = 1, 2 \dots n$  est linéaire par rapport aux inconnues  $D_i$  et détermine ces constantes sans ambiguïté. Pour le faire voir, on pourrait vérifier — comme pour le cas  $n = 2$  — que le déterminant  $\Delta$  de ce système est toujours positif si les constantes  $B$  et  $C_i$  ( $i = 1, \dots n$ ) sont positives, ce que nous avons supposé expressément.

Une autre manière de rendre ce résultat certain est d'assimiler le même système linéaire à celui des courants d'un réseau KIRCHHOFF dont les sommets seraient les points  $O$  et



$S_i$  ( $i = 1 \dots n$ ) Afin de fixer les idées, nous développerons la théorie pour le cas  $n = 3$ ; le passage au cas général de  $n$  quelconque ne présente aucune difficulté.

Pour  $n = 3$ , le système des équations de conservation s'écrit

(32)

$$A \frac{C_1}{d_1} - B D_1 + \frac{C_1 D_2 - C_2 D_1}{l_{12}} + \frac{C_1 D_3 - C_3 D_1}{l_{13}} = 0,$$

$$A \frac{C_2}{d_2} - B D_2 + \frac{C_2 D_3 - C_3 D_2}{l_{23}} + \frac{C_2 D_1 - C_1 D_2}{l_{21}} = 0,$$

$$A \frac{C_3}{d_3} - B D_3 + \frac{C_3 D_1 - C_1 D_3}{l_{31}} + \frac{C_3 D_2 - C_2 D_3}{l_{32}} = 0.$$

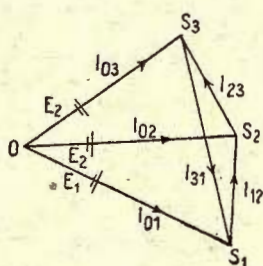


Fig. 4

Considérons le réseau fictif de conducteurs filiformes (réseau KIRCHHOFF) reliant l'électrode O aux sources  $S_i$  et les sources entre elles et cherchons à assimiler le système d'équations (32) à celui qui exprime la conservation de l'électricité aux noeuds  $S_i$  de ce réseau fictif (Fig. 4).

Posons à cet effet

$$(33) \quad E_i = \frac{A}{B d_i}, \quad \varphi_i = \frac{D_i}{C_i},$$

$$\begin{aligned} I_{oi} &= \frac{A}{d_i} C_i - B D_i = B C_i \left( \frac{A}{B d_i} - \varphi_i \right) \\ &= B C_i [E_i + (0 - \varphi_i)], \quad (i = 1, 2, 3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{ik} &= -I_{ki} = \frac{D_i C_k - C_i D_k}{l_{ik}} = \frac{C_i C_k}{l_{ik}} \left( \frac{D_i}{C_i} - \frac{D_k}{C_k} \right) \\ &= \frac{C_i C_k}{l_{ik}} (\varphi_i - \varphi_k). \quad (i \neq k = 1, 2, 3) \end{aligned}$$



Avec ces notations, le système (32) s'écrit simplement

$$(34) \quad \begin{aligned} I_{01} + I_{21} + I_{31} &= 0, \\ I_{02} + I_{32} + I_{12} &= 0, \\ I_{03} + I_{13} + I_{23} &= 0, \end{aligned}$$

et exprime la conservation du courant aux noeuds  $S_i$  du réseau fictif. Si nous convenons de définir par

$$(35) \quad G_{ik} = \frac{C_i C_k}{l_{ik}} = G_{ki}$$

la conductance de la branche qui relie  $S_i$  et  $S_k$  ( $i$  et  $k \neq 0$ ) —branche *interne* du réseau — et par

$$(36) \quad G_{oi} = B C_i$$

la conductance de la branche qui joint  $S_i$  à l'électrode  $O$  —branche *externe* du réseau — les définitions (33) deviennent

$$I_{oi} = G_{oi} [E_i + (0 - \varphi_i)], \quad I_{ik} = G_{ik} (\varphi_i - \varphi_k)$$

Portons ces expressions dans le système d'équations (34); nous voyons que les potentiels qui s'établissent aux noeuds  $S_i$  du réseau ainsi défini sont *précisément les potentiels*  $\varphi_i = \frac{D_i}{C_i}$

*des sources  $S_i$  du milieu hétérogène* à condition que:

- a) sur les branches externes  $OS_i$  du réseau soient appliquées des forces électro-motrices  $E_i$  définies par (33);
- b) le potentiel du point  $O$  soit maintenu à la valeur zéro.

En résumé, on est conduit à énoncer le théorème général suivant:

Soit un milieu dont la conductivité en chaque point  $P$  est définie par l'équation

$$\sqrt{\sigma} = B + \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{R_i}$$

où  $B$  et  $C_i$  désignent des constantes positives arbitraires,  $R_i$  les distances du point  $P$  aux  $n$  sources de conductivité  $S_i$ .



Une électrode ponctuelle  $O$  introduit dans ce milieu un courant d'intensité  $I$  qui détermine aux points  $S_i$  des potentiels  $\varphi_i$ . Ces potentiels sont identiques à ceux qui apparaissent aux noeuds  $S_i$  d'un réseau fictif de conducteurs rectilignes filiformes qui relierait les points  $S_i$  entre eux et au point  $O$  et dans lequel:

$\alpha$ ) La conductance de la branche qui joint deux sources quelconques  $S_i$ ,  $S_k$  (branche intérieure) est  $G_{ik} = C_i C_k / l_{ik}$  où  $l_{ik}$  est la distance  $S_i S_k$ ,

$\beta$ ) la conductance de la branche qui joint une source  $S_i$  à l'électrode  $O$  (branche extérieure) est  $G_{io} = BC_i$ ,

$\gamma$ ) des forces électromotrices  $E_i$ , égales à  $A/Bd_i$ , sont appliquées aux branches extérieures  $OS_i$ ;  $A$  est une constante

égale à  $\frac{I}{4\pi\sqrt{\sigma_o}}$ , où  $\sigma_o$  est la conductivité du milieu au point  $O$

$\delta$ ) le potentiel de  $O$  est maintenu à la valeur zéro.

Ce *théorème d'équivalence* entre le milieu hétérogène considéré et un réseau KIRCHHOFF pourrait éventuellement servir à la *résolution électrique* du système d'équations linéaires qui donne les constantes  $D_i = C_i \varphi_i$ . Il suffirait, à cet effet, de réaliser matériellement les conductances et les f.e.m.  $E_i$  indiquées dans ce théorème, puis de mesurer les d.d.p.  $\varphi_i$  entre les noeuds  $S_i$  et  $O$ .

Remarquons encore que les conductances internes, définies par (35) ont une interprétation physique simple dans le cas où les conducteurs qui relient les sources  $S_i$  entre elles sont filiformes, rectilignes et construits d'un matériel identique. Il suffit que chacune de ces «barres», par exemple  $S_i S_k$ , ait une *section proportionnelle* à  $C_i C_k$ , pour que les conditions requises par la construction du réseau soient réalisées. Quant aux barres externes du réseau, elles auront les conductances  $G_{oi} = BC_i$ , indépendantes de leur longueur.

6. *Application.* Les considérations du paragraphe précédent permettent d'obtenir des résultats utiles si on les complète par l'artifice déjà mis en oeuvre au § 2, à savoir le couplage des





sources  $S_i$  en paires qui admettent la surface du sol comme plan de symétrie.

Si l'on convient de marquer par l'indice supérieur 1 les quantités qui se rapportent à la source symétrique, on prendra toujours  $C_i = C_i^1$ . Par raison de symétrie, des électrodes d'émission situées à la surface donneront des champs caractérisés par  $D_i = D_i^1$ . Le système des  $2n$  équations de conservation pour les  $n$  paires de sources  $(S_i, S_i^1)$  ( $i = 1 \dots n$ ) se réduira donc à  $n$  équations qui fixent complètement les constantes inconnues  $D_i$ .

Afin d'illustrer toutes nos considérations théoriques par un exemple, nous présenterons en détail la marche à suivre pour déterminer les déformations que subit un champ SCHLUMBERGER (champ S) en présence de deux sources  $\alpha$  situées dans le sol — couplées à deux sources placées symétriquement par rapport au plan de la surface du sol. Nous supposons, pour la simplicité des calculs numériques, que les électrodes  $P$  et  $Q$  (planche I) sont situées dans le plan des sources  $S_i$ .

Dans un système de coordonnées rectangulaires ayant son origine à la surface du sol, à l'aplomb de la source  $S_1$ , l'axe  $ox$  horizontal suivant la ligne des électrodes, les coordonnées des différents points intéressants ont été fixées — arbitrairement — aux valeurs suivantes:

électrodes:  $P(-4,0)$ ,  $Q(11,0)$ ,

sources:  $\alpha$ :  $S_1(0,2)$ ,  $S_1^1(0,-2)$ ,  $S_2(3,6)$   $S_2^1(3,-6)$ ,

Les distances utiles à connaître sont:

$$d_{1P} = \overline{PS_1} = d_{1P}^1 = 4,472.136, \quad d_{2P} = \overline{PS_2} = d_{2P}^1 = 9,219.544,$$

$$d_{1Q} = \overline{QS_1} = d_{1Q}^1 = 11,180.340, \quad d_{2Q} = \overline{QS_2} = d_{2Q}^1 = 10.$$

$$\overline{S_1 S_2} = l = \overline{S_1^1 S_2^1} = 5, \quad \overline{S_1^1 S_2} = \overline{S_2^1 S_1} = l^1 = 8,544.004.$$

On a choisi également

$$B = 1, \quad C_1^1 = C_1 = C_2^1 = C_2 = 1,$$

de sorte que

$$\alpha = \sqrt{\sigma} = 1 + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1^1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_2^1}.$$



On obtient ainsi la répartition des conductivités indiquée par les lignes d'égal  $\sigma$  de la planche I (où l'on a omis de représenter la croissance rapide de  $\sigma$  au voisinage des sources  $S_1, S_2$ ).

La fonction  $\psi$  a la forme

$$\psi = \frac{A_P}{r_P} - \frac{A_Q}{r_Q} + (D_{1P} - D_{1Q}) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1'} \right) + (D_{2P} - D_{2Q}) \left( \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_2'} \right)$$

où l'on a marqué par les lettres  $P$  et  $Q$  les quantités dues respectivement aux électrodes  $P$  et  $Q$ . Si l'on suppose égale à 1 l'intensité qui entre dans le sol en  $P$  et qui en sort en  $Q$ , on aura

$$\alpha_P = 1 + \frac{2}{d_{1P}} + \frac{2}{d_{2P}} = 1,664,144, A_P = \frac{1}{2\pi\alpha_P} = 0,095,637,7,$$

$$\alpha_Q = 1 + \frac{2}{d_{1Q}} + \frac{2}{d_{2Q}} = 1,378,886, A_Q = \frac{1}{2\pi\alpha_Q} = 0,115,422,8.$$

Les équations de conservation en  $S_1$  et  $S_2$  seront

$$\begin{aligned} (B + C_2S) D_1 - C_1SD_2 &= C_1 \left( \frac{A_P}{d_{1P}} - \frac{A_Q}{d_{1Q}} \right), \\ -C_2SD_1 + (B + C_1S) D_2 &= C_2 \left( \frac{A_P}{d_{2P}} - \frac{A_Q}{d_{2Q}} \right) \end{aligned}$$

où l'on a posé, pour simplifier

$$D_1 = D_{1P} - D_{1Q}, \quad D_2 = D_{2P} - D_{2Q}, \quad S = \frac{1}{l} + \frac{1}{l'}.$$

On en déduit

$$\begin{aligned} D_1 &= D_{11} \left( \frac{A_P}{d_{1P}} - \frac{A_Q}{d_{1Q}} \right) + D_{12} \left( \frac{A_P}{d_{2P}} - \frac{A_Q}{d_{2Q}} \right), \\ D_2 &= D_{21} \left( \frac{A_P}{d_{1P}} - \frac{A_Q}{d_{1Q}} \right) + D_{22} \left( \frac{A_P}{d_{2P}} - \frac{A_Q}{d_{2Q}} \right), \end{aligned}$$





avec

$$D_{11} = \frac{C_1 (B + C_1 S)}{B [B + (C_1 + C_2) S]} = 0,805.982,$$

$$D_{12}=D_{21} = \frac{C_1 C_2 S}{B [B + (C_1 + C_2) S]} = 0,194.018,$$

$$D_{22} = \frac{C_2 (B + C_2 S)}{B [B + (C_1 + C_2) S]} = 0,805.982.$$

On trouve finalement

$$D_1 = 8,008.688.75, \quad D_2 = 0,001.204.02.$$

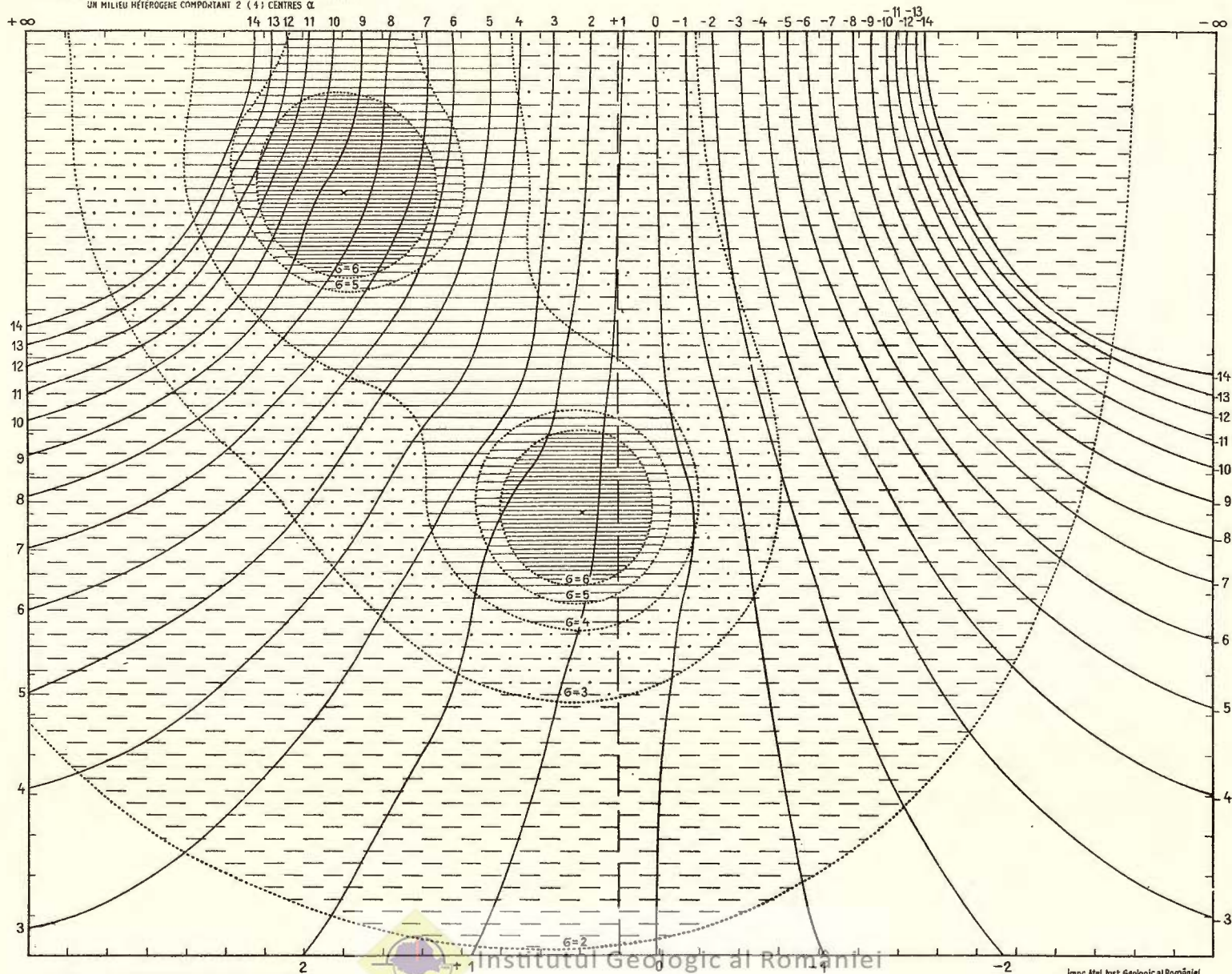
Nous avons ainsi acquis toutes les constantes qui figurent dans l'expression du potentiel  $\varphi = \psi/\alpha$  et nous pouvons procéder au tracé — par points — des intersections des surfaces équipotentielles avec le plan vertical qui contient les sources  $S_1$  et  $S_2$  (planche I).

Pratiquement, la marche des opérations a été la suivante:

Les valeurs de  $\alpha$  et  $\psi$  ont été calculées en chaque noeud d'un réseau à mailles carrées, l'équidistance des noeuds étant choisie — pour la commodité du dessin — égale à 1 cm. Le calcul numérique de  $\alpha$  et de  $\psi$  a été grandement facilité par la construction préalable du tableau des valeurs de  $1/R$  aux noeuds du réseau à mailles carrées. Des tableaux numériques de  $\alpha$  et  $\psi$  pour les noeuds du réseau, on a déduit les valeurs de  $\varphi = \psi/\alpha$  en ces mêmes points. Enfin des profils rectilignes des nombres  $\varphi$  suivant les côtés des carrés ont permis de définir graphiquement les points d'intersection de ces droites avec les lignes équipotentielles du plan vertical  $S_1 S_2$ . Le nombre des points ainsi obtenus pour chacune de ces lignes est suffisant pour l'exécution d'un graphique précis.

Les quelques lignes de la planche I tracées en pointillé représentent — à titre de comparaison — la forme des équipotentielles dans le cas d'un sol homogène pourvu de la conductivité fondamentale  $\sigma = B^2$ .







7. *Remarques sur les modèles  $\alpha$ .* Le type d'hétérogénéité que notre travail a essayé de mettre en évidence est caractérisé par des « réactions » particulièrement simples en présence des champs émis par des électrodes ponctuelles. Il faut remarquer toutefois que cette simplicité ne subsiste que si l'on emploie des sources  $\alpha$  isolées. Si l'on essaie de généraliser le procédé à des distributions continues de sources  $\alpha$  sur des lignes ou des surfaces, on se heurte — dans la détermination du spectre également continu des constantes  $D_i$  — à des équations intégrales linéaires qui présentent des difficultés de résolution entièrement comparables à celles que l'on rencontre dans l'étude des « corps » à forme définie, plongés dans les milieux homogènes (cf. § 1).

Nous nous proposons de revenir sur ces difficultés dans un travail ultérieur, qui sera consacré principalement aux effets magnétiques des modèles  $\alpha$  placés dans un champ S.

*Reçu: Mars 1946.*





Institutul Geologic al României



# SUR LA POSSIBILITÉ DE PROSPECTION PAR LA MÉTHODE DES RÉSISTIVITÉS APPARENTES, DES GISEMENTS DE MINÉRAIS RÉSIDUELS A MONEASA (DÉPART. D'ARAD)

PAR

TEODOR BARBAT

La prospection géophysique des gisements de ferro-manganèse du type Moneasa-Vaşcău nous a déjà occupé dans des travaux antérieurs <sup>1)</sup>. Nous avons alors essayé d'en démontrer la possibilité, par les résultats des mesures géomagnétiques que nous y avons effectuées, en particulier pour les gisements de Corbu et de Baia Nemţilor, qui se prêtent à ce genre d'étude. Nous avons établi aussi les conditions dans lesquelles l'interprétation des résultats peut être valable, en rapport avec les conditions de gisement.

Nous avons montré à cette occasion que ce que nous enregistrons par nos levés géomagnétiques est un effet magnétique total, résultant des effets partiels de différents horizons minéralisés du gisement. Nous avons signalé aussi, qu'en dehors des horizons dans lesquels la minéralisation est exploitable, étant formée de blocs de minerai de dimensions variées (les seuls qui puissent intéresser dans ces travaux), on rencontre

---

<sup>1)</sup> T. BĂRBAT. Contribution à la prospection magnétique des gisements de ferro-manganèse de la région Moneasa-Vaşcău (Départ. d'Arad et de Bihor). *C. R. Inst. Géol. Roum.*, XXX. Prospection géomagnétique des gisements de ferro-manganèse de Corbu et de Baia Nemţilor de la région Moneasa (Départ. d'Arad). *C. R. Inst. Géol. Roum.*, XXXIII, en prép.



aussi des horizons à minéralisation dispersée ou pauvre, ou enfin des horizons formés de terra rossa, d'argiles, ou des sols, ayant une certaine teneur en fer. Or ces roches (terra rossa) recouvrent des portions notables de la surface, formant par endroits une couverture assez importante. Cette couverture intervient lors des mesures par un effet magnétique, qui peut fausser nos appréciations au sujet de l'importance réelle du gisement.

Afin d'éloigner cette possibilité d'interprétation erronée, nous avons envisagé de compléter la prospection géophysique par une méthode différente, qui ait comme élément conducteur un autre paramètre caractéristique de cette sorte de gisements.

Dans ce sens, la structure des gisements telle qu'elle est connue à la suite des anciennes exploitations est intéressante à considérer. Cette structure rappelle en effet celle des gisements de Pb et de Zn, de l'état de Missouri (U.S.A.) <sup>1)</sup>. Pour ces gisements, il est également question de certaines dépressions dans des calcaires et des dolomies mississippiens, remplies et recouvertes par des schistes pennsylvaniens, or, ces gisements ont pu être prospectés par des mesures de résistivité apparente. Dans ces conditions, nous avons pensé que la résistivité électrique des roches entrant dans la structure des gîtes metallifères de Moneasa-Vaşcău pourrait constituer l'élément physique dont l'enregistrement serait une bonne méthode de prospection.

#### DESCRIPTION DES GISEMENTS

Nous donnerons d'abord une description sommaire de ce type de gisements tel qu'il résulte de différentes publications <sup>2)</sup> à son sujet, et de nos propres observations sur le terrain.

<sup>1)</sup> E. POLDINI. Quelques résultats de prospection électrique. *Bull. No. 69 du Lab. de Géologie à l'Université de Lausanne*, 1940.

<sup>2)</sup> PAPP v. K. Über die geologischen Verhältnisse der Umgebung von Menyhaza. *J. B. der k. u. k. Reichsanstalt*, 1904.

Die Eisenerz und Kohlenvorräte des Ungarischen Reiches, 1919.





La région (voir fig. 1) est formée par des calcaires et dolomies triasiques, arrivés au jour à la suite de deux longues époques d'érosion: l'une établie à la fin du Jurassique et durant jusqu'à la fin du Crétacé moyen, l'autre se prolongeant pendant presque toute la durée du Tertiaire, époques pendant lesquelles la région était exondée.

Les phénomènes d'érosion ont déterminé dans la masse calcaire et dolomitique un relief karstien, caractérisé par de

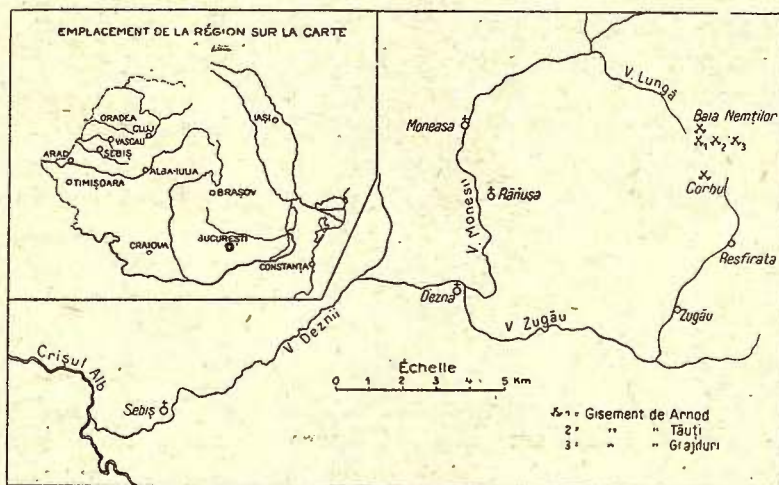


Fig. 1

nombreuses dépressions, cuvettes et divers affouillements variés et irréguliers. Ce sont parfois des dolines circulaires ou allongées, des fossés et autres dépressions elliptiques, des sillons plus ou moins longs marquant d'anciennes vallées de cours d'eau, toutes dépourvues de régularité. Ultérieurement, ces dépressions ont été toutes colmatées par des sédiments apportés par les eaux, et parmi lesquels les sables, les argiles et les tufs volcaniques plus ou moins kaolineux prédominent. C'est au milieu de ces sédiments que la minéralisation de ferromanganèse a pris naissance.



Les dimensions de ces dépressions ou cuvettes sont des plus variées. On en trouve de formes plus ou moins circulaires, dont le diamètre atteint jusqu'à 500 m; d'autres allongées, dont la longueur est parfois de 400 m, sur 100 m de largeur. Ce sont les dimensions les plus fortes des gisements connus jusqu'à présent dans la région. En dehors de ceux-ci, il y a des gisements de forme tout à fait irrégulière, comme ceux qui suivent les anciens cours d'eau, dont la longueur peut atteindre 500 m, pour une largeur de 8 à 20 m. Dans le reste des gisements, les dimensions sont au-dessous de ces chiffres; ils forment des fosses, soit isolées, soit entourant les grands gisements.

La profondeur de ces cuvettes est, elle aussi, assez variable. En majorité, elle oscille entre 17 et 57 m, pour les grands gisements, chez qui cette profondeur peut exceptionnellement aller même jusqu'à 73 m. Cette profondeur varie d'ailleurs chez un seul et même gisement, souvent d'une manière très brusque. Le fond de ces dépressions présente un relief très complexe et escarpé.

Ce n'est pas seulement le fond des gisements qui soit irrégulier, mais aussi leur contour marginal, leurs bords formant de nombreux rentrants. En outre, ces parois latérales qui sont parfois inclinées jusqu'à former des abrupts, montrent en d'autres cas une pente très douce, se raccordant graduellement à la surface.

Ces dépressions ou fosses sont remplies, comme on l'a vu, de sédiments, que la minéralisation — établie ultérieurement — a modifié pour donner les gisements caractéristiques de cette région.

Le minerai est formé par de la limonite souvent pure, ocre ferreux, argile ferrugineuse, argile ferrugineuse caverneuse, raseneisenerz, bohnerz, oolithes; ensuite, par de l'hématite, pyrolusite sous forme d'aggrégats, psilomélane, manganite fibreuse, wad sous forme de boue, écume ou terreux, de la hauerite, etc.





La distribution de cette minéralisation n'est pas arbitraire. On observe, en règle générale, que les minerais de manganèse se situent de prédilection au fond des gisements, formant là un horizon manganeux, tandis que le minerai de fer occupe les parties supérieures, où le manganèse diminue graduellement et est à la fin complètement remplacé par le fer. On y trouve ainsi plusieurs horizons minéralisés: l'un, au fond des gisements, à manganèse prédominant; vers la surface, l'on passe graduellement à un horizon à fer prédominant. Celui-ci est souvent suivi par un horizon stérile — sables, argiles, tufs, ou terra rossa — au-dessus duquel on trouve souvent un deuxième horizon ferreux. Celui-ci continue parfois jusqu'à la surface étant recouvert d'autres fois par de la terra rossa, ou même du stérile. Naturellement, cette succession ne s'observe pas dans tous les gisements; il y en a qui montrent deux horizons de fer, cependant qu'en d'autres il n'y en a qu'un seul. Le manganèse est plus constant; à l'exception d'un seul gisement connu, on a toujours trouvé au fond des cuvettes un horizon de manganèse, passant graduellement à un autre horizon ferrugineux.

La forme sous laquelle le minerai intervient, c'est celle de boue, d'écume et — spécialement — de blocs; ceux-ci offrent des dimensions variées, depuis celle de la tête d'un homme jusqu'aux dimensions d'une noisette. Ces blocs sont dispersés dans les argiles, tufs et sables, dispersion très variée comme concentration, passant graduellement depuis le stérile pur jusqu'à des accumulations atteignant par places des épaisseurs de plusieurs dizaines de mètres de minerai.

La qualité de ce minerai est très bonne pour son utilisation en métallurgie; cela aussi bien comme teneur en Mn et Fe, que du point de vue de l'absence complète d'éléments nocifs aux processus métallurgiques. En ce qui concerne les proportions relatives des deux composants, le minerai présente presque toute la gamme, depuis le minerai de manganèse à 42—45% Mn, 16—20% Fe, 3—4% silice, passant par un minerai de manganèse ferrugineux à 24—30% Mn, 35—38



Fe, 8—10% silice, d'autres — qui sont des minerais de fer manganeux — à 12—15% Mn, 40—42% Fe, 8—10% silice — jusqu'à des minerais de fer, à 5—6% Mn, 26—35% Fe et 12—15% silice.

En ce qui concerne la prospection électrique de ces gisements, nous retiendrons de la description que nous venons de faire un seul élément, à savoir que tous les gisements sont situés dans des fosses creusées par l'érosion dans la masse des calcaires et dolomies triasiques. Ces fosses sont remplies de sédiments, argiles, sables et tufs, constituant dans leur ensemble une formation nettement distincte par rapport aux calcaires triasiques. Le contact entre ces deux ensembles de roches peut constituer un élément suffisant pour mettre en évidence un gisement, lorsque les résistivités des roches, ou des formations sont suffisamment différenciées. On peut d'ailleurs faire complètement abstraction du fait si ce remplissage est minéralisé ou non.

#### MESURAGES SUR TERRAIN ET RÉSULTATS

Afin d'établir si dans notre région la méthode des résistivités apparentes peut mettre en évidence le contact entre les calcaires et les dolomies triasiques, et le matériel de remplissage, nous avons entrepris une série de mesures dans les gisements de Corbu et de Baia Nemților. Il s'agit en effet de gisements bien connus, en particulier celui de Corbu, par les données fournies par les anciennes exploitations. Cette circonstance jointe à celle que leurs caractères sont communs à tous les gisements de la région, fait que les résultats obtenus sont applicables à tous.

La mesure des résistivités a été faite par la méthode des quatre points (dispositif WENNER) adoptant 25 m pour équidistance des électrodes. L'appareil employé était un « mesureur de prise de terre » (Erdungsmesser) de fabrication SIEMENS-HALSKE, utilisant une fréquence moyenne de 75 Hz.

Les résultats de ces mesures constituent l'objet du présent travail.







*Le gisement de Corbu.* L'emplacement de ce gisement présente la forme d'une cuvette allongée d'environ 400 m, sur 60 à 110 m de largeur, creusée dans les calcaires et les dolomies triasiques (fig. 2) Elle s'oriente du NE au SW. Son existence est trahie par une clairière de la forêt environnante, reste des anciennes exploitations, dont le périmètre recouvre presque exactement le gisement. Celui-ci est le mieux connu de tous les gisements de la région, par les nombreuses publications, esquisses et coupes que l'on trouve dans la bibliographie de spécialité. Ainsi, la fig. 3, représente une coupe longitudinale du gisement d'après E. BALAZS, ancien chef d'exploitation en 1910. De même, la fig. 4 donne une coupe transversale, d'après le même auteur. Il est inutile de présenter ici une description spéciale de ce gisement, vu qu'il offre les mêmes caractères que ceux que nous avons déjà énumérés au début de ce travail. D'autre part nous avons déjà indiqué que la minéralisation, comme la succession de stratification dans le gisement, n'a pas d'importance dans nos recherches.

Les mesures de résistivités ont été faites le long de 4 profils; l'un est longitudinal et se superpose à la coupe géologique donnée par la figure 3; les trois autres sont transversaux, ayant à peu près l'orientation de la coupe géologique montrée par la figure 4; tout ceci est bien visible sur le plan de situation donné par la figure 2, à savoir:

Le profil No. 1, longitudinal, à direction NE-SW, recoupe le gisement par son milieu, c'est-à-dire par le grand axe de la clairière et passe par le rocher calcaire qui se trouve dans la partie NE de cette clairière. Depuis ce rocher vers NE, le profil continue dans la même direction, jusqu'à ce qu'il atteigne le thalweg de la ramification orientale de la vallée Carmazan. Du dit rocher vers le SW, le profil intéresse l'emplacement des anciens puits d'extraction, No. I, II et III, approximativement situés sur une ligne passant par le milieu de la clairière. Ensuite, il continue dans la même direction dans la forêt, passant entre deux dépressions en forme de dolines, allant jusqu'au sommet d'une petite colline à l'W de ces dolines.





Le long de ce profil, la coupe géologique se présente comme dans la figure 3. On peut y observer qu'elle intéresse, dans sa partie sud-ouest et jusqu'au bord de la clairière, des calcaires, affleurant sous une mince couche de sol de forêt, souvent discontinue, mais qui, à l'approche des dolines et à l'intérieur de celles-ci, s'épaissit d'avantage. A l'entrée dans la clairière, la coupe géologique met en évidence une fosse dans les calcaires, formant l'emplacement du gisement. On y observe, au début, une descente brusque atteignant 73 m de profondeur, et ensuite une remontée qui fait qu'après une centaine de mètres le fond arrive à 56 m. Ensuite le profil continue à une profondeur moindre, montrant des élévations et des descentes locales sur environ 100 m, lorsqu'une nouvelle descente brusque intervient, abaissant le fond à 56 m. Suit après une brusque remontée du fond, dépassant la surface pour former le rocher calcaire, qui affleure dans la partie nord-est de la clairière constituant une petite éminence en forme de dent, épaisse de 1 m et longue de 3 m. A partir du rocher calcaire, vers le NE, le fond du gisement s'abaisse jusqu'à 20 m, après quoi il s'élève à nouveau sans atteindre la surface, et présente de nouvelles petites descentes et élévations jusqu'à la ramification ouest de la vallée Carmazan. Ici, les calcaires affleurent, le profil se continue jusqu'à la terminaison, dans le thalweg de la ramification orientale de la vallée Carmazan.

Le profil I s'étend au total sur 800 m; le long de cette ligne, on a mesuré la résistivité apparente en 31 points distincts, situés à une équidistance de 25 m. Les résultats sont donnés dans le tableau I.

Les valeurs obtenues nous ont servi à dresser le diagramme représentant la variation de la résistivité le long de ce profil dans la figure 3. C'est à dessein que nous avons parallélisé cette variation de résistivité avec la coupe géologique, afin de mettre en évidence la corrélation entre la résistivité apparente, et l'évolution du contact entre les calcaires et les dépôts de remplissage.



TABLEAU I  
*Profil I — Corbu*

| Points    | Valeur de la<br>résistivité | Points     | Valeur de la<br>résistivité |
|-----------|-----------------------------|------------|-----------------------------|
| No. 1 . . | 3391 Ohms/m/m <sup>2</sup>  | No. 17 . . | 392 Ohms/m/m <sup>2</sup>   |
| » 2 . .   | 1444 » »                    | » 18 . .   | 235 » »                     |
| » 3 . .   | 2198 » »                    | » 19 . .   | 518 » »                     |
| » 4 . .   | 1915 » »                    | » 20 . .   | 534 » »                     |
| » 5 . .   | 2732 » »                    | » 21 . .   | 1099 » »                    |
| » 6 . .   | 2865 » »                    | » 22 . .   | 785 » »                     |
| » 7 . .   | 2786 » »                    | » 23 . .   | 1413 » »                    |
| » 8 . .   | 1491 » »                    | » 24 . .   | 1884 » »                    |
| » 9 . .   | 644 » »                     | » 25 . .   | 1868 » »                    |
| » 10 . .  | 628 » »                     | » 26 . .   | 2394 » »                    |
| » 11 . .  | 78 » »                      | » 27 . .   | 2826 » »                    |
| » 12 . .  | 628 » »                     | » 28 . .   | 3344 » »                    |
| » 13 . .  | 392 » »                     | » 29 . .   | 2433 » »                    |
| » 14 . .  | 502 » »                     | » 30 . .   | 3101 » »                    |
| » 15 . .  | 392 » »                     | » 31 . .   | 1295 » »                    |
| » 16 . .  | 377 » »                     |            |                             |

Le profil II traverse le gisement en largeur, ainsi qu'on peut le remarquer dans les fig. 2 et 4. Il est tracé suivant une direction NE-SW. Ce profil commence à 25 m à l'W des ruines de l'ancien bâtiment de l'administration des mines, situé sur le mamelon au S du gisement, il passe ensuite à côté de l'emplacement de l'ancien puits d'extraction No. II, au milieu de la clairière, et à 25 m environ à l'W du grand hêtre du bord de la clairière, se continuant ensuite avec la même direction dans la forêt.

Ce deuxième profil est long de 450 m. Sur cette longueur, on a mesuré la résistivité apparente en 16 points différents, équidistants de 25 m.

Les valeurs obtenues ont été inscrites dans le tableau II.

Le profil III est parallèle au II. Il traverse le gisement en passant par le coin ouest du bâtiment de l'administration des mines, et sous le grand hêtre du bord de la clairière (fig. 2 et 4).





TABLEAU II  
Profil II — Corbu

| Points      | Valeur de la<br>résistivité | Points      | Valeur de la<br>résistivité |
|-------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|
| No. 1 . . . | 4129 Ohms/m/m <sup>2</sup>  | No. 9 . . . | 432 Ohms/m/m <sup>2</sup>   |
| » 2 . . .   | 3315 » »                    | » 10 . . .  | 392 » »                     |
| » 3 . . .   | 3846 » »                    | » 11 . . .  | 754 » »                     |
| » 4 . . .   | 4788 » »                    | » 12 . . .  | 824 » »                     |
| » 5 . . .   | 1680 » »                    | » 13 . . .  | 864 » »                     |
| » 6 . . .   | 2795 » »                    | » 14 . . .  | 1335 » »                    |
| » 7 . . .   | 314 » »                     | » 15 . . .  | 1177 » »                    |
| » 8 . . .   | 471 » »                     | » 16 . . .  | 1687 » »                    |

Il offre une longueur de 450 m, comportant encore 16 points (v. le tableau III).

TABLEAU III  
Profil III — Corbu

| Points      | Valeur de la<br>résistivité | Points      | Valeur de la<br>résistivité |
|-------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|
| No. 1 . . . | 3484 Ohms/m/m <sup>2</sup>  | No. 9 . . . | 361 Ohms/m/m <sup>2</sup>   |
| » 2 . . .   | 3406 » »                    | » 10 . . .  | 548 » »                     |
| » 3 . . .   | 2402 » »                    | » 11 . . .  | 706 » »                     |
| » 4 . . .   | 3406 » »                    | » 12 . . .  | 1059 » »                    |
| » 5 . . .   | 1884 » »                    | » 13 . . .  | 1554 » »                    |
| » 6 . . .   | 1256 » »                    | » 14 . . .  | 1256 » »                    |
| » 7 . . .   | 864 » »                     | » 15 . . .  | 2394 » »                    |
| » 8 . . .   | 471 » »                     | » 16 . . .  | 1868 » »                    |

Le profil No. IV est parallèle aux profils III et II. Tracé à 25 m à l'E de III, il traverse le gisement au droit de l'ancien puits d'extraction No. 1 qui se trouve au milieu de la clairière, au bord du chemin qui, venant de Răsfirata, se dirige vers Ciungi. Sur le terrain, il est marqué par deux puits jumelés, dont l'un servait à l'aérage des galeries (fig. 2 et 4). Sa longueur



est aussi de 450 m et comporte également 16 points distancés à 25 m. Les valeurs obtenues sont celles du tableau IV.

TABLEAU IV  
*Profil IV — Corbu*

| Points      | Valeur de la<br>résistivité | Points      | Valeur de la<br>résistivité |
|-------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|
| No. 1 . . . | 2983 Ohms/m/m <sup>2</sup>  | No. 9 . . . | 314 Ohms/m/m <sup>2</sup>   |
| » 2 . . .   | 2070 » »                    | » 10 . .    | 471 » »                     |
| » 3 . . .   | 1962 » »                    | » 11 . .    | 628 » »                     |
| » 4 . . .   | 1633 » »                    | » 12 . .    | 942 » »                     |
| » 5 . . .   | 1256 » »                    | » 13 . .    | 1570 » »                    |
| » 6 . . .   | 1162 » »                    | » 14 . .    | 1805 » »                    |
| » 7 . . .   | 942 » »                     | » 15 . .    | 2119 » »                    |
| » 8 . . .   | 785 » »                     | » 16 . .    | 2433 » »                    |

L'emplacement des profils II, III et IV a été choisi d'après la conformation du terrain et aussi parce qu'on pouvait y considérer comme probable la coupe géologique de la fig. 4, montrant l'évolution du contact entre les calcaires et les dépôts de remplissage du gisement. Les calcaires qui forment le mamelon au S du gisement, et qui supportent les ruines de l'administration des mines, affleurent dans ce mamelon pour descendre de façon abrupte, immédiatement au N des mines, jusqu'à une profondeur de 40 m environ. Ensuite, ils remontent d'abord brusquement, puis plus doucement, se raccordant plus loin graduellement à la surface du terrain. Au milieu du gisement, le fond présente une élévation en forme de seuil, qui partage la cuvette en deux parties. Il n'y a pas de données qui confirment la continuation de ce seuil tout le long du gisement. La coupe géologique de celui-ci ne peut varier de trop le long des profils II, III et IV. En effet, ceux-ci, étant parallèles entre eux et distancés de seulement 25 m par rapport au III, elle ne saurait présenter que des variations de détail dépourvues d'importance. Aussi rapporterons-nous la variation





de la résistivité apparente le long des profils II, III et IV à la même coupe géologique montrée par la fig. 4.

Avec les valeurs consignées dans nos tableaux, nous avons construit les diagrammes des profils II, III et IV, représentant la variation de la résistivité apparente le long des profils respectifs (fig. 2 et 4). Dans ces figures, nous avons parallélisé ces diagrammes électriques avec la coupe géologique à travers le gisement, afin de bien mettre en relief la corrélation entre la variation de la résistivité apparente et l'évolution en profondeur du contact entre les calcaires et les dépôts de remplissage.

*Baia Nemților.* Ce gisement offre les mêmes caractères généraux déjà connus. Ce qui peut varier, c'est la succession des dépôts de remplissage comme aussi la forme de la dépression qui contient ces dépôts. Les données dont nous disposons et qui proviennent des anciennes exploitations, ne permettent pas cependant de construire une coupe géologique précise, comme celle du gisement de Corbu. Nous rappelons que le profil obtenu dans ce dernier, étudié du point de vue de la résistivité apparente, donnait le moyen d'envisager un parallélisme entre la variation de cette résistivité et la situation du contact entre les calcaires et le remplissage du gisement; c'est ce qui mettait en relief l'efficacité de cette méthode de prospection.

Il semble que la cuvette qui contient le gisement est tout à fait irrégulière, aussi bien comme contour bordier, que du point de vue du relief du fond; celui-ci présente en effet tant de surélévations et de creux qu'il est très difficile de la ramener à une forme géométrique connue.

Dans ces conditions, il nous a été impossible de donner à notre profil une orientation adéquate à une forme de gisement donnée. Nous avons été obligé de nous borner à le tracer au hasard, à condition qu'il soit transversal au gisement, autant bien entendu que les appréciations de surface l'ont permis.

Ce profil présente une longueur de 450 m, et une orientation NE; il traverse le gisement en passant par la borne frontière séparant les départements d'Arad et de Bihor; celle-ci



se trouve au bord du chemin de Tăuți-Moneasa, là où le sentier s'en détache, qui va de Moneasa dans Valea-Lungă (voir fig. 5). On a mesuré le long de ce profil la résistivité en 16 points distincts, à une distance de 25 m l'un de l'autre. Le tableau V en montre les résultats.

TABLEAU V  
*Profil V — Baia Nempilor*

| Points      | Valeur de la résistivité  | Points      | Valeur de la résistivité  |
|-------------|---------------------------|-------------|---------------------------|
| No. 1 . . . | 895 Ohms/m/m <sup>2</sup> | No. 9 . . . | 832 Ohms/m/m <sup>2</sup> |
| » 2 . . .   | 1413 » »                  | » 10 . . .  | 863 » »                   |
| » 3 . . .   | 1216 » »                  | » 11 . . .  | 471 » »                   |
| » 4 . . .   | 1020 *, » »               | » 12 . . .  | 1020 » »                  |
| » 5 . . .   | 785 » »                   | » 13 . . .  | 801 » »                   |
| » 6 . . .   | 549 » »                   | » 14 . . .  | 958 » »                   |
| » 7 . . .   | 989 » »                   | » 15 . . .  | 942 » »                   |
| » 8 . . .   | 502 » »                   | » 16 . . .  | 1642 » »                  |

\*) Dans la fig. 5 sous le point 4 au lieu de 1216, lire 1020.

Ces valeurs nous ont servi à dresser le diagramme de la variation de la résistivité apparente le long du profil (fig. 5). Cette variation a été parallélisée avec une esquisse représentant des détails de la surface du gisement, autant qu'on peut l'observer et l'identifier sur le terrain.

#### ANALYSE ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Analysant les résultats obtenus par les mesures de résistivité plusieurs constatations peuvent être faites:

Sur le profil I (fig. 3) qui traverse dans sa longueur le gisement de Corbu, la résistivité apparente varie entre les limites extrêmes: 78  $\Omega/\text{m}^3$  \*), enregistrée au point 11 et 3391  $\Omega/\text{m}^3$ , au

\*) Notation abrégée pour Ohms/m/m<sup>2</sup>.





point 1. Dans les profils II, III et IV (fig. 4) qui traversent en largeur le gisement de Corbu, la résistivité apparente varie entre les limites:  $314 \Omega/\text{m}^3$  au point 7 et  $4788 \Omega/\text{m}^3$  au point 4 (profil II);  $361 \Omega/\text{m}^3$  au point 9 et  $3484 \Omega/\text{m}^3$  au point 1 (profil III);  $314 \Omega/\text{m}^3$  au point 9 et  $2983 \Omega/\text{m}^3$  au point 1 (profil IV).

Les autres valeurs enregistrées le long des profils (I—IV) sont comprises entre ces limites extrêmes et se succèdent dans un certain ordre: on observe que les plus petites valeurs se situent dans la partie centrale des profils, tandis que les plus grandes en occupent les extrémités.

On remarque, en général, que l'ordre de grandeur de la résistivité apparente est plus élevé aux extrémités SE des profils II, III et IV de Corbu, qu'aux extrémités NW des mêmes profils.

Le long du profil de Baia-Nemților (fig. 5) la résistivité apparente varie entre  $471 \Omega/\text{m}^3$  enregistrée au point 11 et  $1642 \Omega/\text{m}^3$ , au point 16. Entre ces limites, bien qu'elle varie de façon oscillante et peu accusée, on peut toutefois remarquer, dans ce cas aussi, que les valeurs des résistivités sont plus faibles au milieu du profil que vers ses extrémités.

Si nous analysons la valeur de la résistivité électrique le long des profils mesurés, en relation avec les coupes géologiques du gisement, nous observons qu'une certaine corrélation existe entre les deux ordres de faits, ainsi que les figures 3 et 4 le montrent du reste.

Ainsi, la figure 3 montre, entre les points 1 et 7, que la résistivité varie entre  $3391$  et  $2786 \Omega/\text{m}^3$  pendant que, sur la coupe géologique, ce sont les calcaires triasiques qui affleurent. A partir du point 7 et jusqu'au point 9, la résistivité baisse brusquement à  $644 \Omega/\text{m}^3$ ; elle évolue ensuite entre cette valeur et  $78 \Omega/\text{m}^3$  et cela jusqu'au point 23 ou 24, où elle atteint des valeurs de  $1413 \Omega/\text{m}^3$  et  $1884 \Omega/\text{m}^3$ . Si nous nous rapportons à la coupe géologique, nous observons que cette portion du profil correspond à l'emplacement du gisement lui-même. Plus loin que le point 24 et jusqu'à l'extrémité, au point 31,



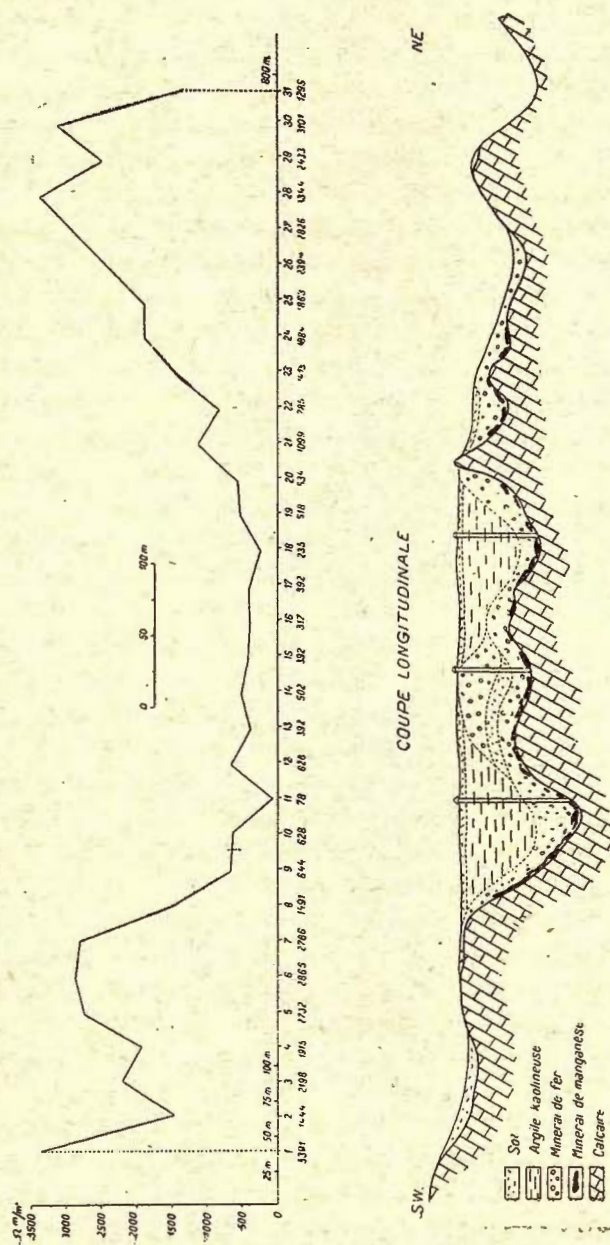


Fig. 3. — Gisement de Corbu. Variation de la résistivité apparente; profil longitudinal.  
(En haut au lieu de  $\Omega m/m^2$ , lire  $\Omega m/m^3$ , lire 317, au lieu de 317, lire 377).



la résistivité croît continuellement, jusqu'à  $3344 \Omega/\text{m}^3$  au point 28, puis s'affaiblit à  $2433$  et  $1295 \Omega/\text{m}^3$  aux points 29 et 31. Or, cet intervalle correspond sur la coupe géologique à l'affleurement des calcaires à l'autre bout du gisement.

Il devient donc évident que les valeurs les plus élevées de la résistivité ont été enregistrées au-dessus des calcaires. Tandis que les petites valeurs correspondent aux dépôts formant le remplissage de la cuvette dans les calcaires, c'est-à-dire au gisement proprement dit. En effet, de nos observations sur le terrain à l'occasion de l'établissement du profil, de ce que nous avons eu la possibilité de trouver les trous et les puits laissés par l'ancienne exploitation et qui du fait du mode même d'exploitation marquent presque exactement en surface le contour du gisement, il résulte que ce remplissage commence entre les points 7 et 8 du profil I de Corbu (fig. 3), et continue (à la seule exception du rocher dont il a été question et qui se trouve entre les points 20 et 21) jusqu'au point 25.

Nous retrouvons cette situation aussi sur les profils II, III et IV, traversant le même gisement de Corbu dans sa largeur. C'est ce qu'on remarque sur les fig. 2 et 4, dans lesquelles les diagrammes de la variation de résistivité sont parallélisés à la coupe géologique.

En effet, les profils II et III traversent les calcaires en affleurement entre les points 1 et 4, où la valeur de la résistivité varie autour ou au-dessus de  $3500 \Omega/\text{m}^3$ . À commencer par un endroit compris entre les points 4 et 5, les profils en question concernent le passage des calcaires au gisement proprement dit ou mieux, aux dépôts de remplissage de la dite fosse. La résistivité baisse ici brusquement sur II, un peu plus doucement sur III, ce qui reflète la descente lente ou brusque des parois de la cuvette; cette baisse va jusqu'à  $314 \Omega/\text{m}^3$  au point 7 du profil II, et  $361 \Omega/\text{m}^3$  au point 9 du profil III, les deux points marquant la partie centrale du gisement. Pour ce qui a trait au flanc NW, nous remarquons que les calcaires qui forment le fond du gisement se redressent brusquement entre les points 10 et 11; après quoi ils se raccordent graduellement



aux calcaires en affleurement. C'est ce que montre la fig. 3, où l'on remarque la continuation des dépôts de remplissage jusqu'au point 13 et ceux-ci s'amincissent ensuite de plus en

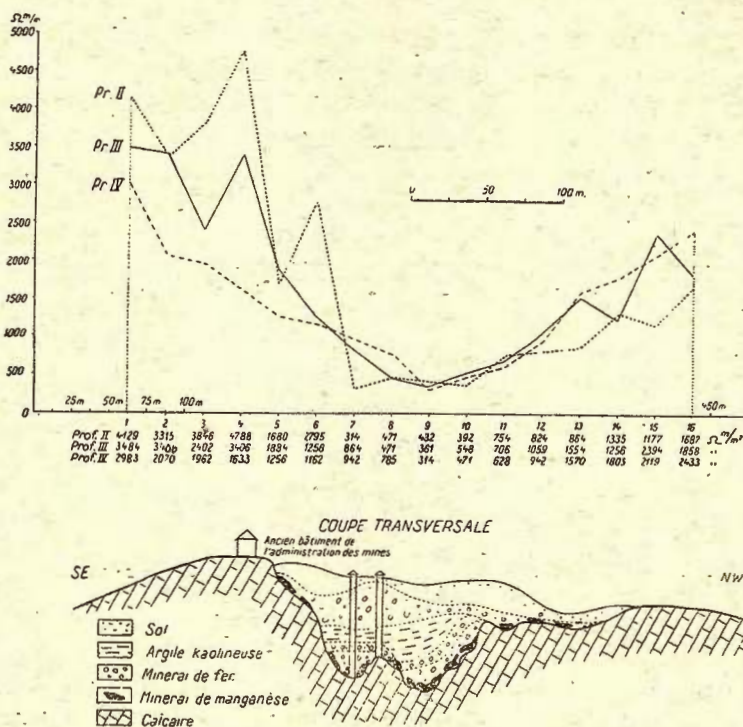


Fig. 4. — Gisement de Corbu. Variation de la résistivité apparente; profils transversaux.

(En haut au lieu de  $\Omega\text{m}/\text{m}^3$ , lire  $\Omega/\text{m}/\text{m}^3$ ).

plus, jusqu'à se perdre dans le sol de forêt recouvrant en une mince couche les calcaires. Dans cet intervalle la résistivité augmente, mais bien plus lentement, et atteint la valeur  $1687 \Omega/\text{m}^3$  au point 16, profil II et  $2394 \Omega/\text{m}^3$  au point 15, profil III, donc une valeur bien plus faible que celle du flanc SE des profils.

Le profil IV, Corbu (fig. 2), recoupe le gisement suivant une section le long de laquelle on n'observe pas une variation





plus marquée que celle de la fig. 4. Toutefois, on peut remarquer que le passage des calcaires en affleurement au gisement proprement dit est un peu plus graduel; en effet, vers le SE, les calcaires n'affleurent plus; ils sont masqués par une épaisseur plus grande de sol. De ce qu'on peut déduire de l'examen de

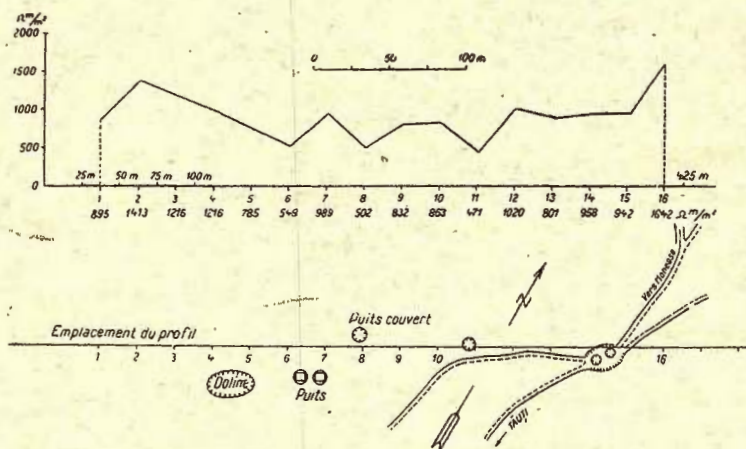


Fig. 5. — Gisement de Baia Nemților. Variation de la résistivité apparente.

(En haut au lieu de  $\Omega\text{m}/\text{m}^2$  lire  $\Omega\text{m}/\text{m}$ ).

la surface, il semble ressortir que la cuvette envoie à cet endroit une branche vers l'E, et qui se raccorde peut-être aux calcaires en affleurement. D'ailleurs, par différence des profils II et III, le profil IV intéresse un terrain plat de la base de l'éminence qui porte les ruines du bâtiment de l'administration des mines et où le bord SE de la cuvette est masqué par le sol.

Au cas du profil de Baia-Nemților (fig. 5), les calcaires se maintiennent en affleurement jusqu'à un endroit compris entre les points 3 et 4; il y a ici une dépression formant le commencement d'une doline, qui peut être remarquée à droite du profil en face de l'intervalle 4—5. Sur cette portion du profil la résistivité apparente augmente au début brusquement à 1413  $\Omega/\text{m}^2$ , pour diminuer ensuite graduellement et continuellement jus-

qu'au point 6. Celui-ci se situe certainement au-dessus du gisement, comme on peut le voir sur l'esquisse de la fig. 5 dressée par nous au cours de l'établissement du profil sur le terrain. En effet, à 20 m à droite du point 6, on observe à la surface les traces de deux points et, à côté, les restes d'un fondement, probablement d'une baraque. Il en est probablement de même du point 8, situé à droite d'une fosse, et du point 11, situé sur l'emplacement d'un ancien puits d'extraction. Tous ces points peuvent être en toute certitude considérés comme situés à l'intérieur du périmètre du gisement, étant donnés les signes de surfaces et surtout connaissant la méthode employée dans l'exploitation. Celle-ci consistait dans le creusement de trous qui, l'approfondissement avançant, devenaient des puits d'extraction du minerai; ceux-ci étaient touchés probablement aussi par des galeries rayonnant autour d'eux, là du moins où le cas se présentait. A partir du point 12 et jusqu'à 15, l'aspect de la surface indique des traces de creusements, mais sans justifier de croire que nous nous trouvons au-dessus du gisement; en effet, la surface y est couverte et les calcaires n'affleurent point; c'est ce qu'on peut remarquer vers la terminaison du profil, entre 15 et 16.

En tous cas, on peut affirmer d'après ce que nous venons de consigner que, dans le cas de Baia-Nemților, tout comme dans celui des profils de Corbu, la résistivité apparente varie de façon semblable: les petites valeurs se situent au-dessus du gisement, et les grandes, au-dessus des calcaires en affleurement. Il y a toutefois une différence: à Baia-Nemților, on n'enregistre pas de si forts décalages entre les valeurs maxima et minima comme à Corbu, ni un groupement semblable des valeurs petites et grandes comme dans celui-ci.

Cette variation de la résistivité apparente le long du profil est déterminée par la résistivité spécifique des roches sous-jacentes. Dans notre cas, il est question, d'une part, des calcaires et dolomies triasiques, de l'autre, de dépôts de remplissage formant le gisement, sables, argiles et tufs. La résistivité spécifique de ces complexes de roches est suffisamment diffé-





renciée: en effet, les calcaires et les dolomies étant des roches compactes, n'offrent point la possibilité de retenir l'humidité, en quantité comparable à celle qui à priori peut être envisagée pour les sables, argiles et les tufs du gisement proprement dit. Ces dernières roches, essentiellement poreuses, sont certainement plus conductrices du point de vue électrique.

Si l'on compare les valeurs de la résistivité apparente que nous avons enregistrées dans les roches, à Corbu et Baia-Nemților, et les valeurs de la résistivité du tableau donné par POLDINI<sup>1)</sup> pour les mêmes roches, nous observons que l'ordre de grandeur pour nos calcaires et dolomies concorde avec celui de la résistivité des calcaires du Crétacé du N de l'Afrique, et des calcaires paléozoïques du cours du Saint Laurent. Au contraire, il n'y a aucune concordance entre les valeurs de la résistivité de nos dépôts de remplissage éventuellement minéralisés, et celles des mêmes roches, sables et argiles compris dans le tableau de POLDINI.

En effet, à Corbu au-dessus des calcaires en affleurement entre les points 1 et 7 et 25 et 31 du profil I (fig. 3), la résistivité apparente varie entre  $1444 \Omega/\text{m}^3$  au point 2, et  $3391 \Omega/\text{m}^3$  au point 1. De même, entre les points 25 et 31 du même profil, où les calcaires affleurent, la résistivité varie entre les limites  $1884 \Omega/\text{m}^3$  au point 24, et  $3344 \Omega/\text{m}^3$  au point 28, ou  $1295 \Omega/\text{m}^3$  au point 31. Les mêmes faits se présentent pour les calcaires en affleurement, donc traversés à Corbul par les profils II, III et IV (fig. 4), entre les points 1 et 5, et entre 14 et 16; la résistivité y varie entre les limites qui suivent:  $1680 \Omega/\text{m}^3$ ,  $1884 \Omega/\text{m}^3$ ,  $1256 \Omega/\text{m}^3$ , enregistrés aux points 5, profils II—IV, comme limite inférieure, et  $4788 \Omega/\text{m}^3$  au point 4, profil II,  $3484 \Omega/\text{m}^3$  et  $2983 \Omega/\text{m}^3$ , au point 1, profil III et IV, comme limite supérieure. Il en est de même de la portion 14—16 des mêmes profils, où ces profils traversent à nouveau les calcaires: la résistivité y varie entre la limite inférieure de  $1335 \Omega/\text{m}^3$ ,  $1256 \Omega/\text{m}^3$ , enregistrée entre les points 14 des profils

<sup>1)</sup> E. POLDINI, Op. cit.



II et III et la limite supérieure de  $2394 \Omega/\text{m}^3$  au point 15, profil III  $1687 \Omega/\text{m}^3$  et  $2433 \Omega/\text{m}^3$  aux points 16, profils II et IV.

Pour ce qui a trait au gisement de Baia-Nemților, le profil de la fig. 5 traverse, d'après nos observations sur le terrain, les calcaires en affleurement entre les points 1 et 4, et 15 et 16. Entre ces points, la résistivité apparente varie entre une limite inférieure de  $895 \Omega/\text{m}^3$  en 1, et  $942 \Omega/\text{m}^3$  en 15, et une limite supérieure de  $1413 \Omega/\text{m}^3$  au point 2, et  $1648 \Omega/\text{m}^3$  en 16.

En résumé, nous avons donc enregistré pour la résistivité apparente des calcaires triasiques, à Corbu et à Baia-Nemților, des valeurs comprises entre  $895 \Omega/\text{m}^3$  au point 1 — de Baia-Nemților — et  $4788 \Omega/\text{m}^3$  au point 4 du profil II — Corbu. Or, ceci concorde avec les limites entre lesquelles varie la résistivité pour les calcaires du N de l'Afrique, à savoir de 880 à 5000  $\Omega/\text{m}^3$ , et celle des calcaires paléozoïques de Saint-Laurent, de 1000 à 3000  $\Omega/\text{m}^3$ .

Il y a cependant le défaut de concordance entre la résistivité des argiles, sables et des tufs qui forment le remplissage des fosses, aussi bien à Corbu qu'à Baia-Nemților. En effet, nous rappelons avoir enregistré à Corbu des valeurs comprises entre  $78 \Omega/\text{m}^3$  au point 11 (profil I), et  $785 \Omega/\text{m}^3$  en 22 (profil I). Or, les résistivités consignées dans le tableau de POLDINI<sup>1)</sup> varient entre d'autres limites: dans les sables néogènes salés de Oued Rhir, entre 0,5 et 2  $\Omega/\text{m}^3$  pour les argiles glaciaires du Canada, entre 10  $\Omega/\text{m}^3$  et 50  $\Omega/\text{m}^3$  pour les argiles d'alluvions de l'Afrique centrale, autour de 10  $\Omega/\text{m}^3$  pour les sables et les marnes imbibés d'eau salée, de 0,5 à 10  $\Omega/\text{m}^3$  enfin, pour les argiles et les marnes plus ou moins calcaires, de 10 à 15  $\Omega/\text{m}^3$ .

Ce défaut de concordance est évident et son explication est aujourd'hui classique. Par suite de la forme très encaissée et limitée du gisement et, aussi à cause de l'étendue du dispositif de mesure (75 m) la résistivité spécifique du calcaire influence

<sup>1)</sup> E. POLDINI, Op. cit.





fortement les valeurs de la résistivité apparente des matériaux de remplissage (argiles, minerais, etc.). On trouve ainsi des nombres totalement différents de ceux spécifiques de ces matériaux, qu'un dispositif de très courte longueur aurait certainement révélé.

Le but de notre travail ayant été d'ordre qualitatif, à savoir: d'établir la possibilité de la prospection des gisements du type Vașcău-Moneasa au moyen de la méthode des résistivités, nous n'avons pas cherché à compléter cette méthode par celle des sondages électriques verticaux.

Nous pensons que la théorie de ces sondages électriques établie presque uniquement pour des terrains à stratification parallèle, aurait difficilement permis d'arriver à des conclusions d'ordre numérique pour des surfaces de contact si éloignées de la forme plane idéale.

#### CONCLUSIONS

Nous pouvons affirmer, en résumé, que les gisements de ferromanganèse de la région Moneasa-Vașcău peuvent être prospectés par des mesures de résistivité, et que les résultats obtenus peuvent être interprétés comme indiquant l'emplacement possible de ces gisements, de même que la forme et l'étendue de ceux-ci.

Mais, si cet emplacement est minéralisé, ou non, la variation de résistivité apparente ne saurait le préciser. Cette question est cependant abordable soit par des mesures géomagnétiques effectuées au-dessus du gisement et des calcaires environnants, soit par des puits à main, faciles à exécuter, vu que nous n'avons pas affaire à de grandes profondeurs.

*Reçu: mars 1946.*



## TABLE DES MATIÈRES

|                                                                                                                                                                              | <u>Page</u> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Préface . . . . .                                                                                                                                                            | 3           |
| G. ATANASIU. Mesures de magnétisme terrestre dans le Sud-Ouest de la Moldavie . . . . .                                                                                      | 5           |
| L. CONSTANTINESCU. Contribution à la caractérisation numérique de l'agitation géomagnétique, en 1944 . . . . .                                                               | 13          |
| M. SOCOLESCU. Mesures gravimétriques au pendule . . . . .                                                                                                                    | 31          |
| SC. STOENESCU. Prospection gravimétrique à la balance de torsion dans la région de Balş . . . . .                                                                            | 37          |
| S. STEFANESCU. Modèles théoriques de milieux hétérogènes pour les méthodes de prospection électrique à courants stationnaires . . . . .                                      | 51          |
| T. BARBAT. Sur la possibilité de prospection par la méthode des résistivités apparentes des gisements de minerais de ferromanganèse de la région de Moneasa-Vaşcău . . . . . | 73          |







Institutul Geologic al României



Institutul Geologic al României



C. 12.23



Institutul Geologic al României

F

500