

# L'anomalie magnétique du Jorat (Vaud) [suite et fin]

Autor(en): **Mercanton, Paul-Louis / Wanner, Ernest**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **63 (1945-1948)**

Heft 270

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-273587>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

**L'anomalie magnétique du Jorat (Vaud)**

II. Composante horizontale. Déclinaison. Champ perturbateur.  
Esquisse d'une interprétation.

PAR

*Paul-Louis MERCANTON et Ernest WANNER*

(Abrégé en français par P.-L. MERCANTON du mémoire complet paru, en allemand, dans les *Annales de la Station centrale suisse de Météorologie* pour 1946)

(Séance du 5 novembre 1947)

Les résultats de cette investigation d'anomalie magnétique, quant à la composante verticale  $Z$  du champ, ont paru dans les *Annales de la Station centrale suisse de Météorologie (M. Z. A.)* pour 1943; un abrégé en a été publié, en français, par la Société vaudoise des Sciences naturelles dans son *Bulletin* 264, Vol. 63. Grâce à l'appui bienveillant de la Commission météorologique fédérale, de M. le Dr J. Lugeon, directeur de la Station centrale, et du Fonds Forel de la S. V. S. N., que nous en remercions beaucoup, de nouveaux moyens financiers sont venus permettre l'achèvement de l'œuvre. Elle exigeait, complètement indispensable, les mesures conjointes de la composante horizontale et de la déclinaison sur le territoire anomal. Les opérations se sont faites en 160 stations, dans les mêmes lignes que les précédentes, mais avec beaucoup plus de facilité, grâce à l'emploi, redevenu possible, de l'automobile, et nous avons une grande obligation à M. William Martin, l'éminent ingénieur lausannois, qui, par pur intérêt scientifique, nous a transportés par monts et vaux avec une complaisance inlassable durant nos campagnes de 1946. Il nous a permis ainsi d'exécuter sans inutile fatigue et rapidement un ensemble d'opérations notablement plus malaisées que les premières, car notre matériel instrumental était plus lourd et la recherche de stations plus exigeante. D'autre part la bicyclette a largement servi à M. Wanner pour recueillir en des points excentriques de notre domaine de précieuses observations à l'occasion de ses voyages de Zurich en terre romande, notamment pour la détermination du « champ normal de base » du dit domaine. Après quelques mensurations de reconnaissance, en automne 1945, notre programme s'est déroulé principalement en deux campagnes, du 30 mai au 9 juin et du 14 au 29 octobre 1946.

*Instruments.* — Nous disposons, en trois exemplaires, du magnétomètre horizontal à fil de quartz QHM imaginé voici quelque vingt ans à Copenhague par le regretté Dan La Cour, directeur de l'Institut météorologique danois, et longuement mis au point par l'inventeur et ses assistants. Ce remarquable instrument, bien ancré aujourd'hui dans la faveur des magnéticiens, mérite qu'on en rappelle ici le principe et les particularités essentielles, tout en renvoyant le lecteur, pour les détails techniques de construction et d'emploi, aux publications spéciales<sup>1</sup>.

Le QHM est un instrument facile à transporter, ne pesant guère que 600 gr. dans son écrin de  $31 \times 12 \times 8$  cm. seulement. Il se compose essentiellement (fig. 1) d'un petit barreau M d'acier au cobalt, long de 15 mm., fortement aimanté et suspendu horizontalement par une fibre de quartz tenue f à l'intérieur d'un tube de cuivre bien fermé H. A cet aimant est fixé invariablement un petit miroir plan S dont la normale est ajustée en coïncidence avec l'axe de l'aimant. Un ingénieux dispositif, qu'on manœuvre du dehors par une vis A, permet de bloquer sûrement cet ensemble pour son transport. On observe la position de l'équipage au moyen d'une petite lunette F, renfermant un repère filiforme dont le miroir donne une image que, lors des pointés, l'observateur amène à se superposer au dit repère, par une rotation convenable du QHM autour de la verticale. A cet effet le QHM doit être érigé invariablement sur l'axe vertical d'un théodolite approprié, le plus amagnétique possible, et qui lui sert à la fois de support tournant et d'indicateur de position azimutale. Nous avons utilisé le Tesdorf N° 1927 de la Station centrale météorologique.

La mesure de la composante horizontale du champ magnétique s'effectue ainsi :

1. On oriente la lunette du QHM aussi bien que possible dans le méridien magnétique local, qu'on aura repéré sur le terrain au moyen d'une bonne boussole, tenue à distance; puis on libère l'équipage qui, après oscillations, s'arrête, à de faibles écarts près, dans le dit méridien. On amène à sa perfection la coïncidence du repère fixe de la lunette avec son image

<sup>1</sup> D. LA COUR. — Le quartz-magnétomètre QHM. *Communications magnétiques*, N° 15; *Publikationer fra det Dansk Meteorologisk Institut Kjöbenhavn*.

J. OLSEN. — Some investigations on the constancy of the QHM-Magnetometer. *Ibidem*. N° 20.

A. OGG, B. GOTSMAN and K.-W. SIMPSON. — The Quarz Horizontal Intensity Magnetometer (QHM). *Transactions of the Royal Society of South Africa*. Vol. XXVI, part. IV.

A. OGG. — Magnetic Observations at the Secular Variation Field Stations in the Union of South Africa, *Ibidem*, Vol. XXIX, part. IV.

B. TRÜMPY. — A magnetic survey of Norway. Bergen and Oslo, 1945.

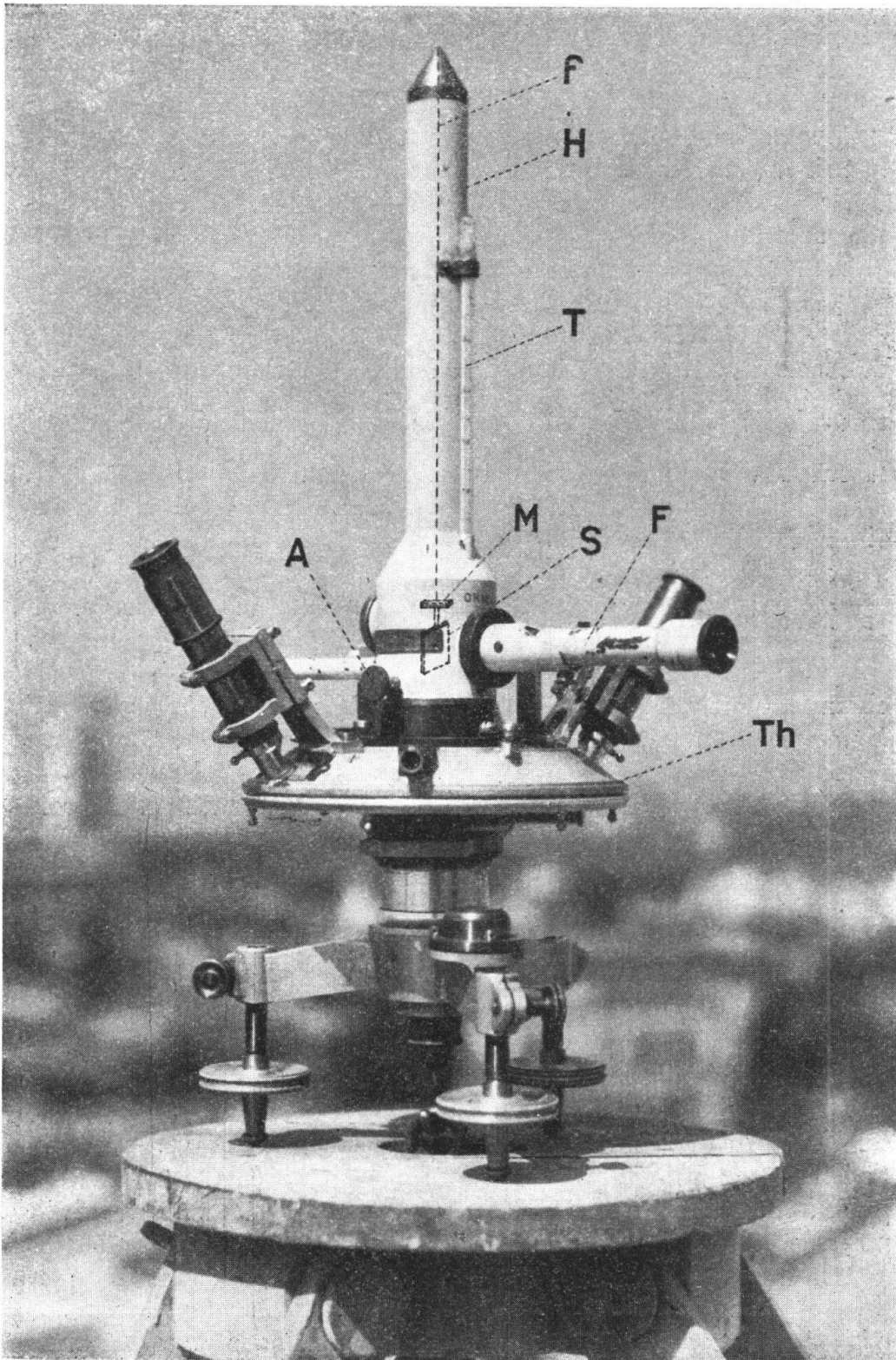


FIG. 1.

en manœuvrant délicatement le théodolite, dont on lit alors le cercle horizontal. Cette position sert de point de départ 0 de la mesure.

2. On imprime au QHM, par le théodolite, une rotation graduelle dans un premier sens, quelconque, jusqu'à ce que le miroir, un temps hors de vue, soit réapparu dans le champ de la lunette et l'on fait le pointé I. Cette manœuvre a exigé une rotation de  $2\pi + \varphi_1$  car la torsion de la fibre de quartz a entraîné l'équipage loin du méridien magnétique, donc de son zéro 0, dans le sens de la rotation aussi. Si la fibre de quartz était initialement franche de toute torsion la simple différence des lectures azimutales 0 et I fournirait la mesure de H par la

formule  $H = \frac{2\pi T}{M \sin \varphi}$  où T est le coefficient de torsion de

la suspension, M le moment magnétique du barreau et  $\varphi = \varphi_1$ . Dans la pratique, il y a toujours un peu de torsion chez la fibre de quartz, si faible qu'on veille à la maintenir, et ceci impose l'opération 3.

3. On manœuvre le théodolite en sens inverse revenant ainsi d'abord au zéro initial 0, puis, le dépassant, on poursuit la rotation jusqu'à réapparition du miroir dans le champ de la lunette F. On fait alors le pointé II correspondant à une rotation  $2\pi + \varphi_2$  mais opposée à la première. La différence des lectures d'azimut au théodolite donne précisément  $\varphi_1 + \varphi_2 = 2\varphi$  dont la moitié est l'angle  $\varphi$  de la formule, corrigé de la torsion initiale du fil de quartz.

4. Pour contrôle on retourne enfin en arrière jusqu'à la position 0, dont le pointé ne devra différer que très peu du premier.

On voit que tout ceci revient à donner au QHM une première rotation d'un peu plus d'un tour dans un sens puis de deux tours complets et davantage dans le sens opposé. Dans la pratique, on effectuera plusieurs fois ce cycle opératoire. Des lectures fréquentes d'un thermomètre dont le réservoir avoisine l'aimant serviront à corriger les mesures de l'effet troublant des variations de la température, dont on préservera d'ailleurs le QHM en l'abritant du soleil le mieux possible.

Une fois réglé, le QHM, en raison des remarquables qualités élastiques du quartz, peut fournir durant des années de très exactes valeurs de H et donc s'employer aussi comme instrument de mesures absolues du champ dans un observatoire des variations du magnétisme terrestre. Sur le terrain un opérateur routiné ne mettra guère qu'une vingtaine de minutes à obtenir une détermination complète de H. Les ra-

fales de vent sont ici les plus gênantes par les trépidations qu'elles impriment au support de l'instrument; on se préserve plus aisément du soleil et même de la pluie.

Les modèles récents de QHM, si l'on a déterminé l'écart fixe éventuel de l'axe magnétique du barreau avec la normale au miroir, ainsi que la torsion initiale de la fibre, peuvent servir aussi de déclinomètres. Malheureusement, dans son ordonnance actuelle, la lunette F ne permet de viser que des points du terrain peu distants de l'horizon de la station, ce qui oblige souvent, en pays accidenté, à recourir à des points de mire auxiliaires, d'élévation convenable, relayant le repère topographique en cause.

Des trois QHM dont nous disposions — les Nos 77, 8 et 55 — seul le 77 a fait campagne; les deux autres sont demeurés à notre observatoire magnétique fédéral de Regensberg, où le QHM 77 a été soumis, avant et après chaque période d'emploi, à un contrôle serré, afin de détecter et déterminer les modifications permanentes éventuellement subies par lui au cours de son utilisation; on n'en a d'ailleurs eu à déplorer aucune.

Les enregistrements réguliers de H et D à Regensberg, comme précédemment ceux de Z, ont servi aux réductions nécessaires.

*Composante horizontale du champ.* — Comme il importait de mesurer la déclinaison en même temps que la composante H, les stations ont été autant que possible des points signalés du réseau topographique suisse. Malheureusement maints de ces repères désirables n'ont pu être retrouvés: gênant l'emploi des machines agricoles, ils ont trop souvent été subrepticement enlevés, déplacés ou encore enfouis par les propriétaires des fonds, ou simplement aussi dérobés à notre vue par la végétation, demeurant ainsi rebelles à des perquisitions forcément écourtées par le manque de temps disponible. Enfin quelques signaux se sont révélés inutilisables pour des raisons toutes locales: proximité trop grande de bâtiments, de clôtures, de pylônes métalliques, de tuyaux de fer, etc. Comme pour Z, chaque station comportait des opérations complètes sur deux emplacements au moins; le principal était le signal topographique lui-même (ou son voisinage immédiat), l'auxiliaire était choisi à quelques dizaines de mètres du premier dans un azimut commode. Au besoin on recourait à un troisième point encore. Les déterminations de D ont naturellement bénéficié aussi de tels contrôles. Comme le tableau II de notre précédent mémoire l'a fait pour

Z, le tableau VIII ci-après montre les fréquences absolues des divers écarts, en gammas, des mesures aux points conjugués d'une même station :

TABLEAU VIII

Écarts :	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$\gamma$
Fréquences absolues :	23	29	33	27	9	4	12	0	1	4	2	2	1	1	1	0	$n$

En outre 15 stations ont donné des écarts compris entre 15 et 150  $\gamma$ . Les mesures de Z, au moyen de BMZ 23, avaient présenté 80 % d'écarts égaux ou inférieurs à 4  $\gamma$ , et nous avons défini par 4  $\gamma$  la limite d'homogénéité d'une station du Plateau suisse. Pour H, selon le tableau VIII, 73 % seulement des stations fournissent des écarts inférieurs ou égaux à la dite limite. Comme la précision des deux sortes d'instruments est la même on doit attribuer la dispersion plus grande chez H aux conditions moins favorables que l'obligation de stationner sur les signaux topographiques entraînait, soleil et vent ayant ici plus libre jeu.

Pour connaître le champ «normal» virtuel de notre domaine d'investigation il a fallu mesurer H en un certain nombre, 10, de stations alentour de ce domaine et à bonne distance de la région perturbée. Leur choix s'est guidé sur la connaissance déjà acquise de Z; on les trouvera énumérées dans le texte allemand. On obtient alors pour la composante H «normale», non perturbée, l'expression (1) ci-dessous, avec  $\Delta x$  et  $\Delta y$  en km :

$$(1) \quad H = 20870 + 10,60 - 4,64 \Delta x + 0,255 \Delta y \quad \gamma$$

L'origine des coordonnées x et y est ici de nouveau Payerne, où H est inférieure d'environ 11  $\gamma$  à sa valeur «normale». Notons toutefois que cette origine ne coïncide pas rigoureusement avec celle admise pour Z parce que la station principale pour H a été un signal topographique, d'ailleurs tout voisin de la station pour Z. La chose est sans conséquence.

Le gradient nord-sud de H est donc ici 4,64  $\gamma/\text{km}$ ; rappelons que sur un profil Schafhouse-Brunnen on a trouvé en 1944, 4,63  $\gamma/\text{km}$ .

On trouvera dans le mémoire complet des *Annales de la MZA* pour 1946, consigné dans le tableau IX, l'ensemble des déterminations de H et de D, présentées comme celles de Z antérieurement.

*Déclinaison.* — Comme dit plus haut il n'a pas toujours été possible de trouver le signal topographique désiré; parfois aussi une visibilité restreinte par la brume ou entravée par la croissance fâcheuse d'arbres interposés a interdit de bonnes visées de la mire lointaine. Tout ceci a réduit à 90 seulement le nombre des stations où D a pu s'obtenir.

La mesure de D par le QHM ne saurait d'ailleurs avoir toute la précision des autres car pour viser la mire on doit bloquer l'équipage de manière que son miroir dégage l'axe de visée de la lunette. Cette intervention délicate entraîne aisément dans le dispositif d'observation une torsion, légère à la vérité, mais susceptible toutefois d'atteindre une à deux minutes d'arc.

Douze stations choisies en dehors du territoire anomal ont livré les éléments de la formule (2) qui exprime la répartition «normale» de la déclinaison dans notre domaine :

$$(2) D = 5^{\circ} 35',1 - 1',8 - 0,100 \Delta x' + 0,326 \Delta y'$$

Cette formule ne vaut toutefois guère que pour la Suisse occidentale et ne doit s'employer ailleurs qu'avec circonspection.

Nos tableaux complets des *Annales* renferment, outre les valeurs de D observées, les directions et grandeurs du champ perturbateur total. Le présent abrégé ne les donne que par la carte IV, mises en regard des isanomales de Z. La carte III figure la distribution de H.

#### *Esquisse d'une interprétation de l'anomalie du Jorat.*

L'examen géologique du terrain ne fournit guère de points d'appui directs à une interprétation de l'anomalie jorataise. Le sol y consiste principalement en grès et marnes tertiaires (molasse) partiellement recouvertes d'une couche mince d'alluvions glaciaires. Le sidérolithique, qu'on serait tenté d'invoquer aussi, ne se distingue pas magnétiquement; — nous l'avons démontré déjà<sup>1</sup> — des terrains qui l'enferment. Le seul fait d'observation éveillant et autorisant hypothèses et spéculations est d'ordre tectonique : nous avons expressément remarqué dans notre premier mémoire déjà que l'axe longitudinal du réseau des isanomales de Z, lequel est en ellipses, coïncide assez exactement sur la carte topographique avec ce que les géologues désignent par «anticlinal de la molasse», plutôt par tradition car il s'agit en réalité d'un vaste accident qui a divisé la nappe molassique en deux parties, l'une nord-occidentale à stratification quasi-horizontale, l'autre sud-orientale où les couches plongent fortement, vers le SE précisément. Ces deux parties s'accolent le long d'une cassure, d'une faille (ou plusieurs), à rejet important en faveur du bloc SE. Par quel terme profond cet accident géologique est-il lié à notre anomalie magnétique, c'est à la géologie d'en décider. Le fait qu'alors que l'anticlinal se prolonge jusque sur la rive sud du Léman, dans la région de Thonon, la nappe lacustre nous empêche de vérifier l'extension probable corrélative de notre anomalie de ce

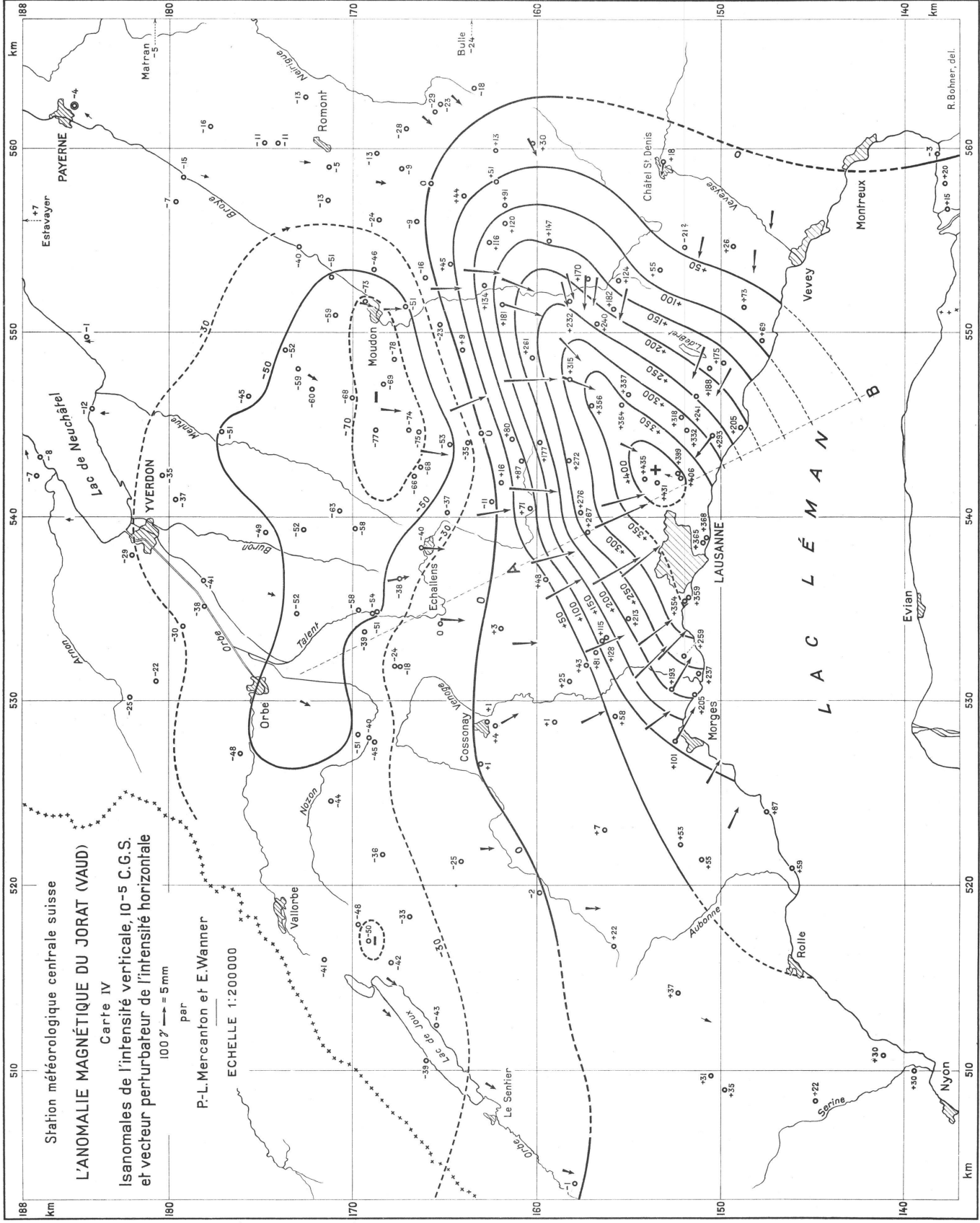
<sup>1</sup> Cf. Premier mémoire : Composante verticale.



côté, n'est pas pour faciliter l'interprétation. Les conjonctures politiques nous ont jusqu'ici empêchés d'aller voir à Thonon si l'anomalie s'y manifeste encore, comme d'anciennes mesures de BATELLI<sup>1</sup> le font supposer. C'est là une investigation que nous nous proposons de faire encore, d'accord avec nos collègues français. Le géophysicien se bornera ici à rechercher comment, où et de quelle grandeur devrait être une masse agissant magnétiquement, une roche aimantée donc, noyée dans les profondeurs du sol, pour engendrer à la surface de celui-ci la perturbation révélée et déterminée par nos mesures. L'allure des isanomales et la position des points de leurs valeurs extrêmes fait supposer d'emblée l'existence d'une telle inclusion. Si l'on admet — en simplifiant — qu'il s'agit d'une masse homogène unique, de forme peu compliquée, son centre devrait se trouver à une profondeur de 10 à 12 km. Elle s'allongerait horizontalement à peu près dans la direction S60°W — N60° E (240/60° en rose normale), donc parallèlement au tracé général des Alpes voisines. L'extension du domaine perturbé montre qu'il doit s'agir d'une masse assez étendue aussi. La composition en est vraisemblablement celle d'une roche de profondeur ou éruptive. La susceptibilité magnétique de telles roches est fort variable, avec des maxima, selon RÖSSIGER, de l'ordre de 0,005 à 0,007. Pour fixer nos idées admettons une susceptibilité de 0,006 (maximum pour les basaltes) et que la masse soit un cylindre à génératrices horizontales, très allongé suivant l'axe de figure de notre anomalie, et aimanté uniformément par le champ terrestre général. Pour un tel cylindre la distribution de H et de Z sur le terrain dans le plan d'une quelconque section droite verticale ne dépend que de la forme, de la grandeur et enfin de la position dans le champ inducteur de la section envisagée. Nous devons à la complaisance du directeur de l'Institut géophysique de l'École Polytechnique fédérale, à Zurich, M. le professeur Gassmann, d'avoir pu appliquer à différents cas le diagramme, inédit encore, qui lui permet, à l'instar de ce qui s'est fait en gravimétrie<sup>2</sup>, par une sommation des effets de mailles découpant la section examinée, d'obtenir rapidement, avec une exactitude suffisante, le champ résultant en un point quelconque du plan de la section, à l'extérieur de celle-ci. Par ce moyen nous avons pu éprouver une série de sections de formes et de positions diverses et comparer les allures des champs ainsi déterminés avec le champ

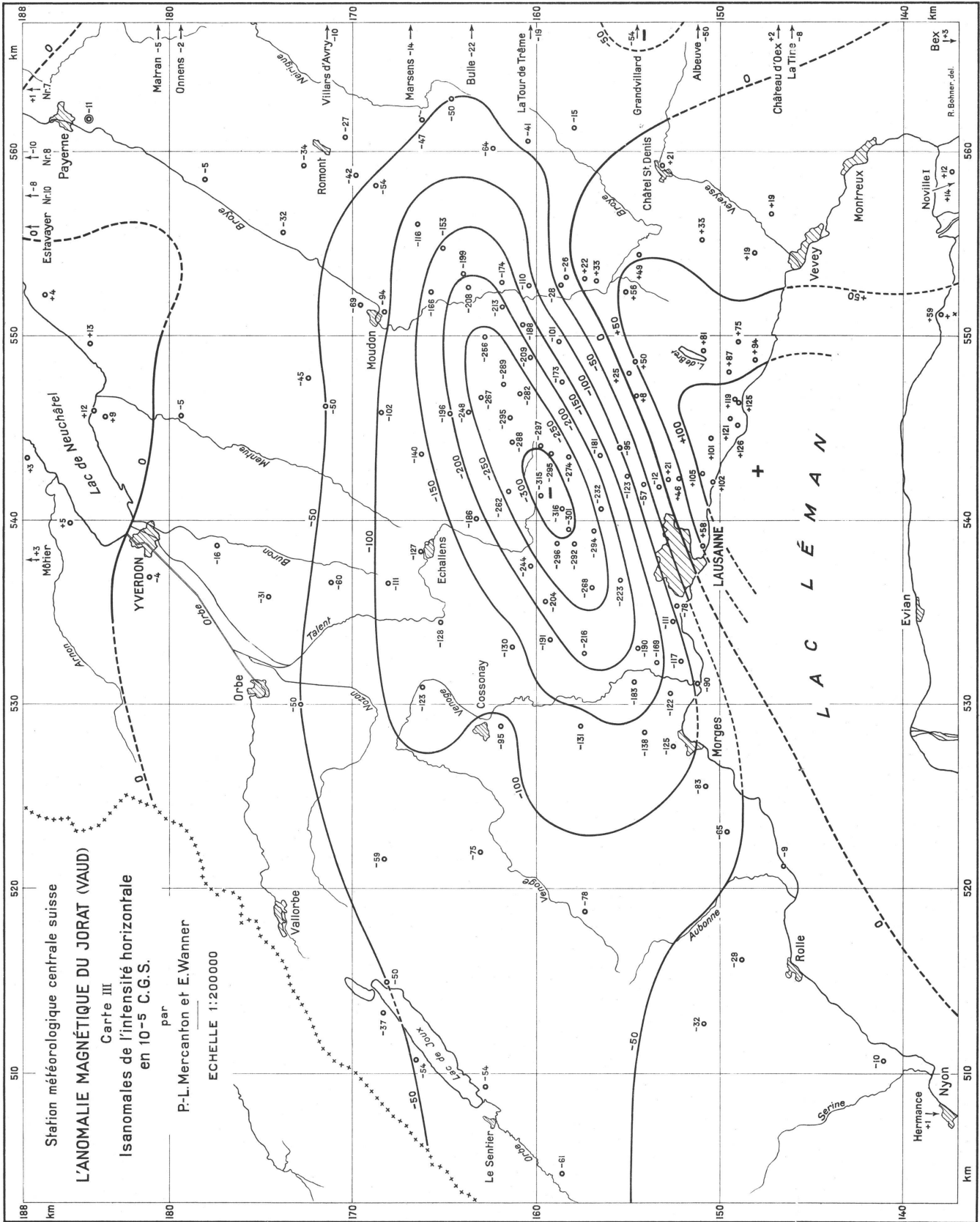
<sup>1</sup> Cf. Premier mémoire.

<sup>2</sup> K. JUNG: *Zft. für Geophysik*, 1930.



Station météorologique centrale suisse  
**L'ANOMALIE MAGNÉTIQUE DU JORAT (VAUD)**  
 Carte IV  
 Isanomales de l'intensité verticale, 10<sup>-5</sup> C.G.S.  
 et vecteur perturbateur de l'intensité horizontale

per  
 100 y = 5 mm  
 P.-L. Mercanton et E. Wanner  
 ECHELLE 1:200000



observé par nous sur le sol dans la section du terrain passant par les minimums et maximums des éléments magnétiques. Comme point de départ on a fait choix d'une section de la masse agissante circulaire et ayant son centre à 11 km de profondeur avec un rayon correspondant à la grandeur du maximum observé de Z. Qualitativement le résultat correspondait à l'observation pour le profil AB de la carte IV mais il subsistait des écarts

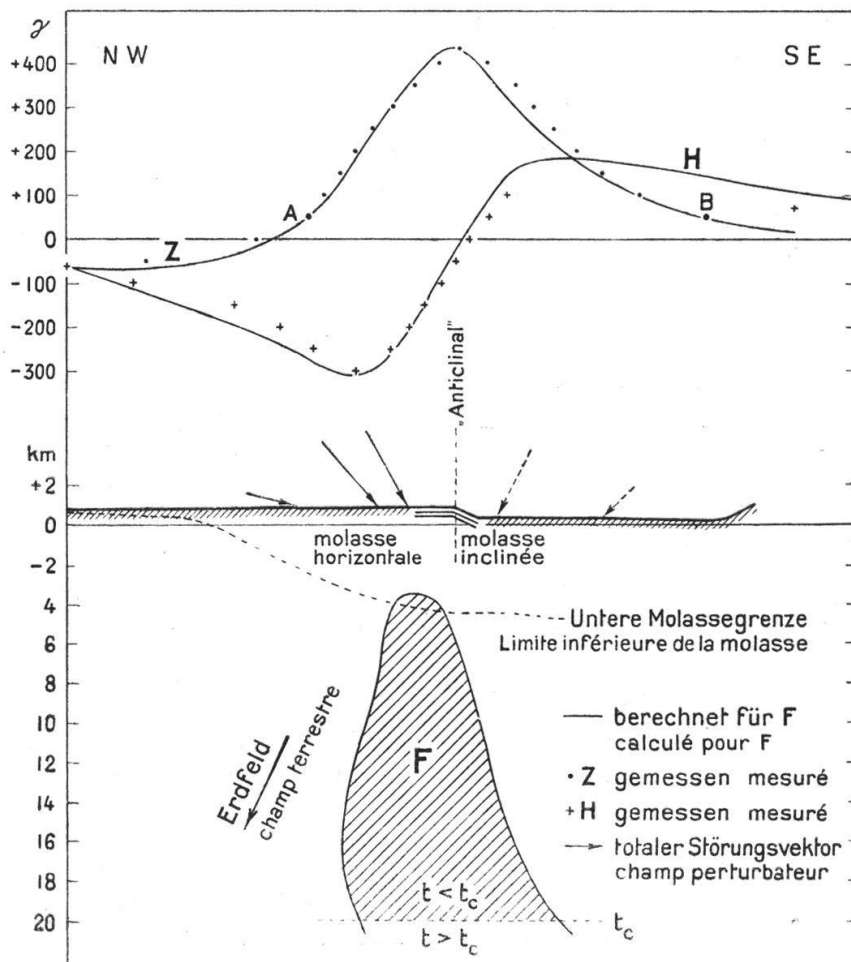


FIG. 2.

systematiques importants; c'est pourquoi, tout en conservant le centre de figure choisi, on a essayé une série d'autres formes sectionnelles de la masse agissante; triangles, ellipses, parallélogrammes, etc. De toutes ces formes c'est celle que la figure 2 montre ici, hachurée, qui rend le mieux allures et grandeurs de Z et H de l'anomalie jorataise, bien que des divergences subsistent encore dans les tracés en regard.

L'intrusion active se situerait ainsi un peu au nord de l'anticlinal molassique ou du moins de sa trace superficielle. Aux géologues maintenant de dire si pareille structure pro-

fonde a sens et vraisemblance. Notons que le corps ainsi supposé a un flanc SE fort incliné et que son sommet atteint sensiblement le niveau inférieur assigné par A. BERSIER<sup>1</sup> à la nappe de molasse.

La limite inférieure de la section cylindrique choisie ne peut être, d'autre part, que la profondeur où le point de Curie des composants magnétiques qui rendent la masse agissante est atteint sous l'empire du réchauffement géothermique, soit 20-30 km selon HAALK<sup>2</sup>.

La figure 2 ne représente, bien entendu, qu'une des nombreuses solutions possibles de la question posée par l'anomalie du Jorat; mais cette solution est géophysiquement plausible. On entrevoit cependant déjà des retouches: par exemple, la grande extension de la région d'anomalie négative vers le WNW s'expliquerait mieux si le cylindre actif n'était pas strictement horizontal mais penchait vers le SW.

De nouveaux faits devront venir éclairer notre intelligence du phénomène. Rappelons toutefois ce que nous avons déjà dit des données gravimétriques de NIETHAMMER dans notre région<sup>3</sup>: la pesanteur y est un peu plus forte qu'elle ne devrait être normalement. A Lausanne l'excès est de quelque 0,03 c/s<sup>2</sup>. En attribuant au corps de la figure 2 une densité de 0,25 à 0,3 supérieure à celle de la matière enrobante du sous-sol du Plateau, on rendrait compte de cet excès. Le fait vaut d'être souligné.

En terminant le rédacteur de cet abrégé tient personnellement beaucoup à ce que le lecteur sache que, de plus en plus gêné par des troubles grandissants de la vue, il a dû laisser à son collaborateur plus jeune une part de plus en plus lourde de la tâche commune, tant sur le terrain qu'au bureau; à celui-ci donc revient le mérite majeur de l'heureux aboutissement de notre recherche et va aussi la gratitude de son aîné.

Lausanne et Zurich, septembre 1947.

<sup>1</sup> A. BERSIER. — Recherches sur la géologie et la stratigraphie du Jorat. Thèse, Lausanne, 1938 et *Mémoires d. l. Soc. vaud. Sc. nat.* N° 42, vol. 6.

<sup>2</sup> H. HAALK. — *Der Gesteinsmagnetismus*. Leipzig, 1942.

<sup>3</sup> TH. NIETHAMMER. — Die Schwerebestimmungen der Schweiz. Geodät. Kommission der SNG. *Verhandl. Schaffhausen*, 1921.