Mémoires pour servir à l'explication
des Cartes géologiques et minières
de la Belgique

MÉMOIRE N° 3

Toelichtende Verhandelingen
voor de Geologische kaart en Mijnkaart
van België

VERHANDELING Nr 3

Étude géomagnétique de la partie méridionale du massif devillien de Grand-Halleux (massif de Stavelot)

PAR

J. M. GRAULICH
Ingénieur Civil des Mines et Géologue, A. I. Lg.
Service Géologique de Belgique

J. L. KOENIGSFELD
Docteur en Sciences physiques et mathématiques
Institut d'Astronomie et de Géodésie de l'Université de Liège

MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉCONOMIQUES
ADMINISTRATION DES MINES

Service Géologique de Belgique
13, Rue Jenner, 13
BRUXELLES 4

MINISTERIE VAN ECONOMISCHE ZAKEN
BESTUUR VAN HET MIJNWEZEN

Aardkundige Dienst van België
13, Jennerstraat, 13
BRUSSEL 4

Mém. Expl. Cartes Géologiques et Minières de la Belgique. Toelicht. Verhand. Geologische kaart en Mijnkaart van België.	1962	N° 3	72 pp.	3 pl.

SERVICE GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE

MÉMOIRE N° 3

Étude géomagnétique de la partie méridionale du massif devillien de Grand-Halleux (massif de Stavelot)

PAR

J. M. GRAULICH
Ingénieur Civil des Mines et Géologue, A. I. Lg.
Service Géologique de Belgique

J. L. KOENIGSFELD
Docteur en Sciences physiques et mathématiques
Institut d'Astronomie et de Géodésie de l'Université de Liège

LIÈGE
VAILLANT-CARMANNE, S. A., IMPRIMEUR-ÉDITEUR
Place Saint-Michel, 4

1962

TABLE DES MATIÈRES

Pages

RÉSUMÉ. — SAMENVATTING — ABSTRACT 5

CHAPITRE I. — *Introduction* 7

CHAPITRE II. — *Le problème géologique* 9

CHAPITRE III. — *Instruments et méthodes d'observations* 11

CHAPITRE IV. — *Corrections, vérifications et précisions des mesures* 15

CHAPITRE V. — *Méthode de travail pour l'établissement de la carte* 18

CHAPITRE VI. — *Interprétation théorique des profils magnétiques* 20

CHAPITRE VII. — *Données géologiques et interprétation de la carte magnétique* 23

§ 1. — Explication et justification du tracé de la couche supérieure à magnétites 23

A. — Limite méridionale 23

B. — Limite orientale 28

C. — Limite occidentale 38

D. — Limite septentrionale (secteur Nord-Ouest) 38

E. — Conclusions 38

§ 2. — Explication et justification du tracé de la couche inférieure à magnétites 39

A. — L'anticlinal de Le Lifa — A l'Est de la faille transversale C 39

B. — L'anticlinal de Le Lifa — A l'Ouest de la faille transversale C 46

C. — L'anticlinal de Bécharprez 47

D. — Conclusions 48

CHAPITRE VIII. — *Etablissement de la carte géologique et conclusions d'ensemble* 49

CHAPITRE IX. — *Annexe — Les valeurs des* 8.157 *stations le long des* 462 *profils* 52

Étude géomagnétique de la partie méridionale du massif devillien de Grand-Halleux (massif de Stavelot)

Résumé. — *Les auteurs ont levé une carte magnétique détaillée de la partie méridionale du massif devillien de Grand-Halleux. Grâce à la présence de niveaux de phyllade à magnétites interstratifiés dans les terrains devilliens, l'étude de la carte magnétique permet aux auteurs de tirer les conclusions suivantes :*

1° *Dans ce massif il existe deux niveaux continus de phyllade à magnétites. Le supérieur se situe vers le sommet du Devillien et l'inférieur sous les « quartzites de Hourt ». Ce dernier est localement surmonté par un troisième niveau.*

2° *Les « quartzites de Hourt »* (Dv1) *considérés jusqu'à présent comme les terrains les plus anciens du massif, sont au contraire un facies local formant une grande lentille, en plateure pied sud, intercalée entre les deux niveaux de phyllade à magnétites.*

3° *Les terrains devilliens constituent le substratum sédimentaire du Revinien. Ils n'apparaissent donc pas en surface grâce à une fenêtre tectonique.*

4° *La tectonique du flanc sud de l'anticlinal devillien de Grand-Halleux est simple. On se trouve en présence d'une grande plateure pied sud avec failles inverses et petits dressants.*

5° *La grande structure tectonique est découpée par de nombreuses failles transversales de faible rejet.*

Samenvatting. — *De auteurs hebben het zuidelijke gedeelte van het « Massif devillien » van Grand-Halleux (Oostelijke Ardennen) magnometrisch geëxploreerd en hebben een magnometrische kaart van het onderzochte gebied getekend. Ze hebben gidsniveaus ontdekt bestaande uit in het Devillien ingeschakelde magnetiethoudende fyllieten, en hebben de volgende conclusies kunnen trekken :*

1° *Er bestaan twee continue magnetiethoudende gidsniveaus waarvan de ene dicht bij de bovengrens van het Devillien ligt en de andere onder de zogenaamde « Kwartsieten van Hourt ». Plaatselijk bestaat er boven het onderste niveau een derde magnetiethoudende laag.*

2° *De « Hourt Kwartsieten », die men tot heden toe als de oudste afzettingen van het massief* (Dv1) *beschouwde, zijn integendeel maar een locall facies hiervan onder vorm van een grote lens, met een zwakke helling naar het Zuiden en die tussen de twee magnetiethoudende niveaus ligt.*

3° *De afzettingen van het Devillien vormen de sedimentaire substratum van het Revinien. Ze komen dus niet aan de oppervakte in een tektonisch vensl r.*

4° *De structuur van de zuidelijke vleugel van de antikline van Grand Halleux is vrij eenvoudig. Men vindt er zwak naar het Zuiden hellende lagen, onderbroken door steile lagen over korte afstanden en door tegengestelde verschuivingen.*

5° *De gehele structuur is verbrokkeld door talrijke transversale verschuivingen met weinig verzet.*

Abstract. — *The authors have surveyed magnetometrically the southern part of he « Massif devillien » of Grand-Halleux (East-ern Ardennes) and have drawn a magnetometricmap of the explored area. They detected marker-horizons consisting of magnetite-bearing phyllites embedded in the devillian strata, which led them to draw the following conclusions based on the magnetometric map :*

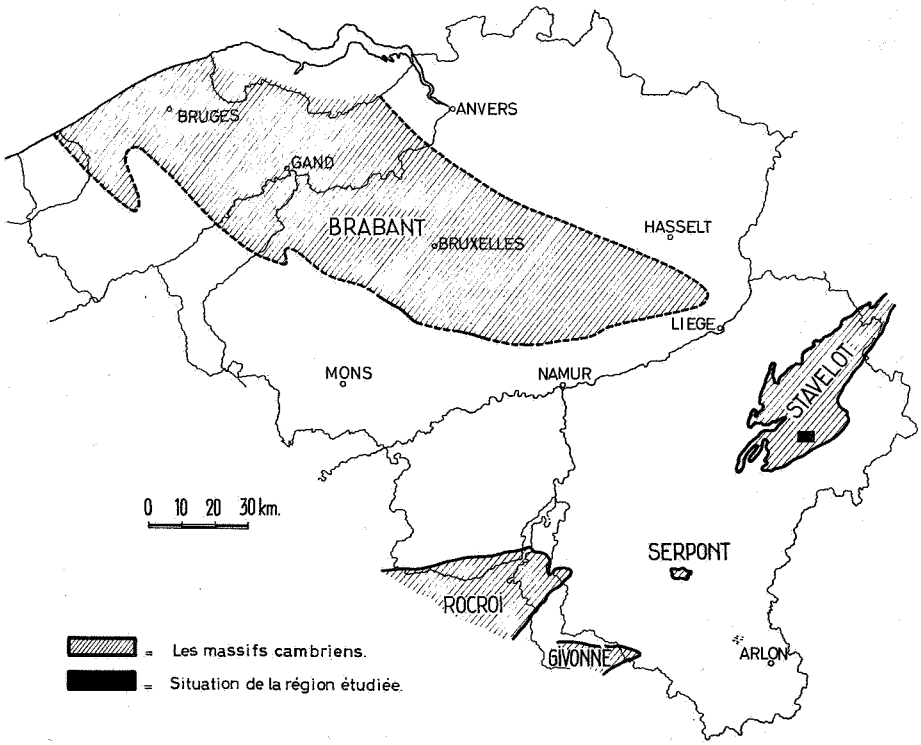
1° *There are two continuous marker-bands of the type mentioned, the upper one lying near the top of the Devillian, the lower one below the so-called « Hourt Quartzites ». Locally a third band exists above the lower horizon.*

2° *The « Hourt Quartzites », which have been up to now considerer as the oldest strata* (Dv1) *outcropping in the massif, are in fact a facies only locally developped as a large lenticle, gently dipping south and intercalated in between the two magnetite-bearing marker-bands.*

3° *The devillian strata build up the sedimentary substratum of the Revinian. They do not outcrop in a tectonic window.*

4° *The pattern of the southern limb of the devillian anticline of Grand-Halleux is a simple one. It consists of beds gently dipping southwards interrupted only by high-angle dips over short distances and by reverse faults.*

5° *The whole structure is disrupted by numerous transverse faults with little offset.*



CHAPITRE I

INTRODUCTION

La méthode de prospection magnétique a trouvé en Belgique plusieurs applications à la solution de problèmes géologiques. Nous pouvons les classer en deux catégories basées sur la méthode de travail.

1° *Méthode des profils magnétiques.* — Cette méthode consiste à lever un certain nombre de profils magnétiques et ainsi repérer en surface le tracé d'un niveau géologique dont les propriétés minéralogiques sont susceptibles d'influencer la valeur du champ magnétique terrestre. Les profils obtenus peuvent éventuellement permettre une interprétation mathématique ou graphique de la position géométrique du niveau repéré.

Cette méthode a été appliquée à la résolution des problèmes suivants :

a) L'allure des couches à magnétites dans le massif de Hourt par P. V. Duhoux, en 1938 [4] ;

b) L'allure des couches à manganèse dans le Salmien de la vallée de la Lienne (Massif de Stavelot) par P. Evrard et L. Koenigsfeld, en 1944 [6] ;

c) La tectonique du massif devillien de la vallée de la Gette (Massif de Brabant) par J. Raynaud, en 1952 [14].

2° *Méthode des cartes magnétiques.* — Cette méthode consiste à lever en détail une carte magnétique et d'interpréter la géologie en se basant sur l'allure des isogammes. Cette lecture de la carte magnétique peut se compléter d'une interprétation mathématique des profils. I. de Magnée et J. Raynaud [13] l'ont appliquée avec succès en 1943 pour résoudre un problème complexe de tectonique dans les terrains devilliens du massif de Brabant à l'est de Court-Saint-Etienne.

D'autres cartes magnétiques de détail ont été levées en Belgique mais dans des régions où les anomalies ne sont pas directement liées à un niveau géologique repère mais plutôt à des zones de métamorphisme général non sélectif. M. E. Hoge a relevé de telles cartes d'anomalies dans la région des Hautes-Fagnes et spécialement dans les environs de Sombrodt [9] et [10]. Dernièrement, M. C. Gaibar-Puertas et E. Hoge [7] ont levé une carte magnétique du massif de Serpont, où les anomalies, non encore étudiées en détail, semblent bien trouver leur origine, du moins localement, dans une minéralisation en pyrrhotine.

Le but de notre travail est de présenter et d'interpréter une carte magnétique détaillée de la partie méridionale du massif devillien de Grand-Halleux (1). Cette carte, couvrant environ

(1) Cette carte magnétique avec notice explicative a été présentée au Congrès de l'E. A. E. G., tenu à Bruxelles en juin 1957.

15 km², a été obtenue par la détermination de la valeur absolue de la composante verticale du champ magnétique terrestre (Z) en 8.157 stations. Toutes les valeurs ont été ramenées à un même instant, soit juin 1955. Pour ce mois, la valeur moyenne de Z à l'Observatoire magnétique de Manhay était de 43.075γ.

Le travail de levé a été exécuté en 120 journées (1) de terrain comprises entre le 18 avril 1955 et le 8 novembre 1956.

L'observation de la carte magnétique à l'échelle du 1/6.000e, imprimée en couleur par l'Institut Cartographique Militaire et annexée au présent travail, nous permet, si nous l'étudions en fonction des observations géologiques de surface, de conclure à l'existence de trois causes d'anomalie.

1° Les anomalies les plus importantes sont dues à la présence de cristaux de magnétites (Fe_2O_3 FeO) répartis irrégulièrement dans certains bancs de phyllade vert du Devillien.

La formation de la magnétite est liée au métamorphisme général et sa répartition peut être indépendante de la stratification. La valeur stratigraphique de tel niveau a fait l'objet d'une annexe dans le travail de I. DE MAGNÉE et J. RAYNAUD [13].

Notre carte montre directement que la densité d'octaèdre de magnétite dans le phyllade est variable mais que cette répartition « en lentille », se localise toujours dans un même banc qui n'en est jamais totalement dépourvu.

Si nous prenons l'ensemble de la région, nous voyons que les anomalies les plus importantes sont situées dans une grande zone elliptique de direction SW-NE recouvrant tout le secteur SE de la carte. C'est la zone de maximum de métamorphisme général.

2° Des anomalies assez importantes (+ de 300γ) qui se caractérisent par une crête maximum très large et un profil de faible gradient et se situent toujours dans les terrains reviniens. Ces anomalies ont été cartographiées en détail dans les secteurs SW, W et NW de la carte.

Cette anomalie peut trouver son origine dans les cristaux de sulfure de fer répartis dans les phyllades noirs du Revinien. Le sulfure de fer, sous la forme cristalline de pyrite n'est pas magnétique mais la pyrrothine ($Fe^n S^{n+1}$) est très magnétique.

3° Une anomalie régionale de faible ampleur. Dans le secteur SW de la carte, les valeurs de Z sur phyllades et quartzites devilliens, en dehors de toutes anomalies signalées au primo et au secundo, sont comprises entre 43.050γ et 43.100γ ; dans le secteur NE, les valeurs sur même substratum sont comprises entre 43.000γ et 43.050γ. Cette anomalie peut avoir une origine profonde.

(1) Les jours, où nous avons travaillé avec les deux balances sont comptés pour deux journées de terrain.

CHAPITRE II

LE PROBLÈME GÉOLOGIQUE

Lors de la rédaction du Chapitre sur le Cambrien pour le « Prodrôme d'une description géologique de la Belgique » l'un de nous (J. M. G., 1954[8]) n'a pas été en mesure de prendre une décision au sujet des relations stratigraphiques entre le Revinien et le Devillien.

Le problème posé est simple dans son énoncé : le Devillien constitue-t-il le substratum sédimentaire du Revinien ou apparaît-il en fenêtre tectonique découpée dans un grand massif charrié formé de Revinien et de Salmien ? Cette dernière solution étant celle présentée par R. ANTHOINE [1].

Si, dans le massif de Rocroi, les arguments de G. WATERLOT contre la thèse de R. ANTHOINE semblent très pertinents et portent à réfléchir, ils restent néanmoins, en faveur de ce dernier. les conclusions d'une étude magnétique détaillée et conduite avec prudence par M. P. V. DUHOUX dans le massif de Stavelot, région de Hourt (Grand-Halleux) [4].

L'étude géomagnétique du massif de Hourt, possible grâce à un horizon de phyllade à magnétites à la base du *Dv2b*, a amené en effet P. V. DUHOUX, à tirer les conclusions suivantes :

1° Le contact Revinien-Devillien se fait par faille.

2° La partie sud du massif de Hourt se compose de trois unités tectoniques :

a) un substratum de *Dv1* auréolé de quelques témoins de *Dv2a* et de *Dv2b*.

b) ce substratum apparaît en fenêtre dans une écaille moyenne où sont représentés le *Dv1a* et le *Dv1b*.

c) ces deux unités sont chevauchées par une écaille supérieure où le Revinien seul est représenté.

et P. V. DUHOUX termine son travail en ces termes :

« ...il reste que, dans le cadre de la présente étude, l'indépendance tectonique du Revinien et du Devillien semble parfaitement avérée ; il y a certes lieu de rapprocher cette constatation du doute qu'émettait récemment R. ANTHOINE sur la façon dont nous avons jusqu'à présent envisagé « la filiation stratigraphique du Devillien et du Revinien du massif Cambrien de Stavelot. » Apparemment, ce n'est pas dans la région de Hourt qu'il conviendra de s'évertuer à dissiper ces doutes... »

Malgré cette apparence et vu l'importance des conclusions de M. P. V. DUHOUX sur la solution du problème posé, nous avons jugé qu'il n'était pas inutile de reprendre l'étude magné-

tique du massif de Hourt mais en remplaçant la méthode des profils de M. P. V. Duhoux par l'établissement d'une carte magnétique générale de la région.

Comme documents géologiques nous nous sommes principalement servis :

a) Des archives et des cartes géologiques au 1/40.000e. Planchette Vielsalm par M. Lohest et H. Forir et planchette Lierneux par M. Lohest.

b) Le travail et la carte géologique de M. F. Corin « La stratigraphie et la tectonique du Massif Devillien de Grand-Halleux (*Ann. Soc. Géol. de Belg.*, Mémoire t. 49/1927).

CHAPITRE III

INSTRUMENTS ET MÉTHODES D'OBSERVATIONS

Pour réaliser ce travail nous avons respectivement utilisé :

J. M. GRAULICH : une balance magnétique verticale selon Ad. SCHMIDT, construction Askania.

J. L. KOENIGSFELD : une balance magnétométrique verticale B. M. Z. La Cour de Copenhague.

§ 1. — BALANCE AD. SCHMIDT-ASKANIA

Cette balance Askania, appartenant à l'Institut d'Astronomie et de Géodésie de l'Université de Liège (Pavillon Géomagnétique de Manhay) est un ancien modèle construit en 1933 auquel à la suite d'un accident aux couteaux de quartz, on a remplacé le système magnétique par un équipage compensé pour les variations de température. Le principe de cet appareil est simple : les variations d'inclinaison d'un barreau aimanté mobile autour de l'arête d'un couteau en quartz sont proportionnelles aux variations de la composante verticale du champ magnétique terrestre. La face supérieure de l'aimant étant munie d'un miroir réfléchissant une échelle graduée, la lecture de la déviation se fait directement au travers d'un oculaire réglable.

Avec cette balance, l'exécution d'une station comporte :

1° placement et nivellement approximatif du trépied ;

2° orientation SN du plateau support au moyen d'une boussole ;

3° installation du magnétomètre et son nivellement précis ;

4° rotation du magnétomètre de 90° afin de placer le barreau aimanté dans un plan EW ;

5° déblocage prudent du système magnétique, lecture et blocage du système ;

6° rotation de 180°, déblocage du système et nouvelle lecture ;

7° inscription au carnet de levé, à la page réservée au profil exécuté, du numéro de la station, de sa distance avec la station précédente, des deux lectures et de l'heure exacte (heure G. M. T.).

L'appareil étant compensé pour les températures il n'est plus nécessaire de faire la lecture au thermomètre.

La balance Askania ne nous donne pas la mesure absolue de la composante verticale du champ magnétique terrestre (Z). Nous aurions pu dessiner la carte magnétique avec des courbes tracées en divisions d'échelle de la balance en prenant comme zéro arbitraire le zéro de la balance, mais comme nous avons exécuté le levé avec deux balances de types différents nous avons dû travailler en mesure absolue ; la balance de Copenhague étant un instrument de mesure de zéro (voir le paragraphe suivant).

Pour connaître la valeur de Z avec la balance Askania, nous devions au préalable déterminer :

1° la valeur d'une division d'échelle de la balance : La détermination de la constante d'échelle a été faite par la méthode de la bobine de Helmholtz. Pour notre instrument elle était de 28γ (1).

2° la détermination de la valeur absolue de zéro de la balance. Cette détermination s'obtient en faisant des lectures répétées en une station dont la valeur de Z est connue, soit à l'Observatoire de Manhay où la valeur de la ligne de base des enregistrements est déterminée toutes les semaines par une méthode électromagnétique.

Exemple : Valeur de Z à Manhay le 2 septembre 1955, à 8 h. 57 : 43.069γ.

Moyenne des lectures à la balance Askania à Manhay le 2 septembre 1955 à 8 h. 57 : —1,50.

Valeur en γ : $-1{,}50 \times 28 = -42\gamma$ (28 étant la valeur d'une graduation d'échelle).

$Zo = 43.069 + 42 = 43.111\gamma$.

Au cours de notre levé nous n'avons jamais constaté des différences de lecture dues à une variation de température ; nous devons toutefois signaler une cause d'erreur. Lorsque nous arrivions sur le terrain, la première lecture faite dès que la balance était extraite de sa boîte était entachée d'une erreur et si nous répétions les lectures nous observions une variation continue jusqu'à un équilibre, ces variations sont dues à une mise en équilibre thermique avec l'air ambiant. De toute façon nous avons tenu compte de cette observation pour l'exécution de chaque première mesure.

Sur les 8.157 mesures, 4.293 ont été faites avec la balance Askania au cours de 75 journées de prospection, soit une moyenne de 57 stations par journée de travail.

Lors de profils aisés, c'est-à-dire, le long de coupe-feu ou de chemin forestier nous sommes arrivés à faire 109 stations en 6 heures de travail, soit en tenant compte des déplacements de profil à profil, une station toutes les 3 minutes, ce qui demande bien entendu une grande pratique de l'instrument étant donné le nombre de manipulations à chaque station.

§ 2. — LA BALANCE B. M. Z. LA COUR DE COPENHAGUE

La B. M. Z. appartenant à l'Institut d'Astronomie (Observatoire de Manhay) est une balance pour la mesure de la force verticale du champ magnétique terrestre par une méthode de zéro (2) ; comparée à l'Observatoire Magnétique de Manhay elle permet de calculer immédiatement la valeur du champ en mesures absolues.

---

(1) Le gamma (γ) vaut 10^{-5} oersted, qui est l'unité C. G. S. de champ magnétique. Dans plusieurs ouvrages de prospection magnétique on trouvera que l'unité de champ magnétique est le gauss, c'est un ancien nom qui depuis la convention de 1930 a été remplacé par le nouveau nom l'*oersted*, le gauss étant réservé depuis cette date à l'unité d'induction magnétique.

(2) The magnetometric zero balance, the B. M. Z. by D. La Cour, Det Danske meteorologiske Institut, Communications magnétiques, etc., n° 19.

En principe la B. M. Z. est une balance magnétique contenant un aimant oscillant à axe magnétique horizontal et dont le centre de gravité est exactement en dessous de l'axe de rotation.

La sensibilité de cet aimant est variable suivant son azimut excepté si son axe magnétique est horizontal. Un aimant auxiliaire tournant permet de placer cet axe magnétique de l'aimant oscillant exactement dans le plan horizontal. La lecture de la position de l'aimant auxiliaire permet par une simple formule de déterminer la valeur de la composante verticale du champ magnétique terrestre.

A noter que la force verticale du champ magnétique terrestre est en grande partie compensée par un second aimant auxiliaire placé verticalement. La mesure de la composante verticale est influencée par la température de cet aimant.

La formule de notre balance n° 32 était :

$Z = 43.327 + Z_T - \alpha t - 26\Delta t.$

Z_T = champ additionnel de l'aimant auxiliaire tournant, fonction qui est tirée de la lecture du cercle gradué.

α = coefficient de température.

t = température de l'aimant auxiliaire vertical.

Δt = accroissement de la température par minute.

Procédé de mesure :

1) nivellement de la balance,
2) contrôle de la division neutre dans le champ de la lunette,
3) mise au point sur la division neutre,
4) lecture de température,
5) lecture de l'heure,
6) lecture du cercle gradué.

La division neutre est la division lue à la lunette quand l'axe de l'aimant oscillant est horizontal ; elle est obtenue lorsque la lecture en position Sud ou Nord par retournement de 180° reste identique.

Cette division neutre peut être considérée comme constante pendant une journée de mesures sur le terrain.

Pendant plus de trois mois, cette division neutre n'a pas changé. En pratique le contrôle en était seulement fait au début de chaque série de mesures sur le terrain. La mesure prenait ainsi moins de 2 minutes, déplacement de l'appareil de 5 ou 10 m compris.

§ 3. — COMPARAISON ENTRE LES DEUX TYPES DE BALANCE

Nous examinerons ces deux instruments de travail uniquement dans le cadre de notre étude en tant que géophysicien-géologue les deux appareils n'ayant pas été conçus dans le même but.

Il est bien certain que lorsqu'une grande précision est nécessaire, la balance de Copenhague est mieux adaptée aux mesures mais pour le géologue qui veut suivre sur le terrain l'évolution

du travail, la balance Askania présente le grand avantage de la compensation de température. De plus avec cette balance, on peut, à la lecture, directement comparer les valeurs des diverses stations, celles-ci étant liées par une fonction linéaire simple, si l'on excepte les variations brusques du champ magnétique terrestre lors d'orage magnétique.

Certes, la balance Copenhague demande bien moins de manipulations et est donc plus rapide (moyenne de mesures par jour : 86 contre 57 avec l'Askania) mais n'étant pas fixée sur son trépied elle est plus encombrante à transporter surtout dans les profils relevés dans les bois et taillis.

Pour effectuer quelques profils au Nord de la région prospectée nous avons employé le nouveau « magnétomètre à torsion » d'Askania qui présente tous les avantages de la balance Askania mais est beaucoup plus rapide et semble vraiment être l'instrument idéal du prospecteur.

§ 4. — EXÉCUTION DES MESURES

Dans une région où le sous-sol renferme des niveaux de phyllade à magnétites de faible puissance il est nécessaire pour obtenir une carte magnétique représentative de déterminer la valeur de Z en le plus grand nombre possible de stations.

Si chaque mesure nous avait demandé plusieurs lectures avec retournement nous n'aurions jamais eu le temps matériel d'exécuter le levé de la région envisagée ; nous avons donc préféré augmenter le nombre de stations en accélérant les mesures et en nous contentant d'une précision moindre en chaque point.

Cette méthode à forte densité de réseau de stations avec mesures accélérées avait déjà été appliquée avec succès par I. de Magnée et J. Raynaud dans le massif du Brabant.

Par le retour à une station de base (Manhay), par le restationnement de certains points et par la comparaison entre les deux balances nous nous sommes efforcés de maintenir les erreurs de mesure dans des limites raisonnables compte tenu de l'ampleur des anomalies et de l'écart entre les isogammes tracés sur la carte (au minimum 50γ).

Nous donnons au Chapitre IV, paragraphe 5, les écarts des mesures aux points restationnés et l'erreur moyenne probable des mesures.

CHAPITRE IV

CORRECTIONS, VÉRIFICATIONS ET PRÉCISIONS DES MESURES

§ 1. — CORRECTIONS POUR LA VARIATION DANS LE TEMPS DU CHAMP MAGNÉTIQUE

La valeur du champ magnétique terrestre varie continuellement dans le temps. Ainsi pour rendre les mesures comparables il est donc nécessaire de ramener à un même instant les valeurs obtenues au cours de toute la campagne de levé. Cet instant a été pris arbitrairement au 1er juin 1955 et toutes les mesures ont été ramenées à la valeur moyenne de Z au Pavillon magnétique de Manhay en juin 1955, c'est-à-dire à 43.075γ, en tenant compte des données des enregistrements continus de cet observatoire se situant à 16 km à l'Ouest de la région prospectée.

En général, les corrections apportées ont varié entre —30γ et +40γ pourtant dans l'après-midi du 16 mai 1956 elles ont atteint +200γ. Au cours d'une après-midi nous avons dû suspendre notre levé et abandonner toutes les mesures à cause d'une tempête magnétique rendant toutes corrections aléatoires étant donné les trop brusques variations.

§ 2. — CORRECTIONS DE LATITUDE ET DE LONGITUDE

La valeur du champ magnétique terrestre varie en fonction de la latitude et de la longitude, or comme nous nous intéressons uniquement aux anomalies causées par la variation de la susceptibilité magnétique des roches du sous-sol nous aurions dû apporter à la valeur de chaque station des corrections en fonction de leur situation géographique.

Importance de la variation en fonction de la latitude : Si nous examinons le travail de E. Hoge [9] nous voyons que suivant l'axe Sud-Nord, Gouvy-Stavelot, passant par notre région, la valeur de Z calculée augmente de 100γ pour une distance de 21 km soit donc 5,25γ par km. Les deux points extrêmes de la région étudiée étant distants de 3 km et si nous avions ramené toutes nos valeurs à un point central nous aurions dû apporter une correction de 5,25 × 1,5 soit approximativement ±8γ. C'est-à-dire, diminuer toutes nos valeurs du Nord de 8γ et augmenter toutes celles du Sud de la même valeur.

Importance de la variation en fonction de la longitude : La valeur de Z augmente dans notre région en allant de l'Est vers l'Ouest, mais cette augmentation est très faible, environ 0,5γ par km.

Nous avons jugé qu'étant donné l'écart entre nos isogammes sur la carte (au minimum 50γ) il était inutile de tenir compte de ces corrections.

§ 3. — CORRECTIONS DE LA VALEUR ABSOLUE DU ZÉRO DE LA BALANCE « ASKANIA »

Comme nous l'avons vu au paragraphe 1 du Chapitre III, il est nécessaire de déterminer la valeur absolue correspondant au zéro de la balance. Pourtant un changement pouvant survenir dans les caractéristiques magnétiques ou même dynamiques de l'équipage mobile, cette valeur était vérifiée périodiquement à l'Observatoire de Manhay qui nous servait de station de base.

Nous pouvons diviser notre campagne en trois périodes :

1° du début des observations (18 avril 1955) jusqu'au 21 septembre 1955, la valeur du « zéro » est restée dans les environs de 43.115γ.

2° le 27 septembre 1955, le « zéro » de la balance s'est brusquement déplacé de 35γ. Cette valeur de 43.080γ s'est maintenue jusqu'au 29 décembre fin de la campagne 1955.

3° quand après l'hiver 1956 nous avons recommencé la prospection le 4 avril nous avons trouvé la valeur de 43.040γ qui s'est maintenue jusqu'à la fin de la campagne le 8 novembre 1956.

§ 4. — CORRECTIONS A LA BALANCE COPENHAGUE

Au cours de l'année 1955, après vérification à la station de base (observatoire de Manhay) nous avons constaté plusieurs fois des changements de la valeur de base de la balance Copenhague. En démontant la balance nous avons remarqué que ces changements étaient dûs à une oxydation lente d'un point de l'aimant oscillant.

Cette balance a été remise en état à l'Observatoire de Rude Skow où l'aimant oscillant a été remplacé et les nouvelles constantes calculées. Cette balance rentrée en décembre 1955 a conservé sa constante d'une façon parfaite jusqu'à la fin des observations.

Sur les 8.157 stations, 3.864 ont été faites avec la balance Copenhague au cours de 45 journées de prospection, soit une moyenne de 86 stations par journée de travail.

§ 5. — PRÉCISION DES MESURES

La précision des mesures peut être estimée par la comparaison des valeurs trouvées en des points restationnés à des époques différentes soit avec la balance « Askania » ou la « Copenhague ».

La répétition des mesures, certaine à des intervalles d'un an, a été faite en 169 stations réparties judicieusement dans toute l'étendue de la région étudiée, mais dans les zones magnétiquement calmes.

Sur ces 169 stations les écarts se répartissent comme suit :

Pour 98 mesures (58 %) l'écart varie de 0 à 5γ
Pour 53 mesures (31 %) l'écart varie de 5 à 10γ
Pour 18 mesures (11 %) l'écart varie de 10 à 16γ

Soit 89 % de ces mesures dont l'écart est inférieur à 10γ.

Le degré de précision d'une série d'observation statistique est donné par la formule $h = \frac{s}{\sqrt{2}}$ ou s correspond à la dispersion ou erreur quadratique moyenne et égal à :

$$\sqrt{\frac{\text{somme du carré des écarts}}{\text{nombre de mesures répétées}}}$$

Nous obtenons donc un degré de précision de $\pm 4{,}5\gamma$.

§ 6. — COMPARAISON AVEC LA CARTE MAGNÉTIQUE DE LA BELGIQUE

Il est intéressant de pouvoir se faire une idée de la façon dont notre carte magnétique s'intègre dans le canevas de la nouvelle carte magnétique de la Belgique [11].

Le principe fondamental adopté pour l'exécution des mesures nécessaires au tracé de cette carte a été la détermination de la différence des valeurs de Z (composante verticale) entre la station de base de Dourbes (1) et la station de campagne.

Sur cette nouvelle carte magnétique sont tracées des lignes d'égale différence (carte des isodifférences $Z_{\text{Dourbes}} - Z_{\text{stations}}$).

Sur notre carte magnétique sont tracées des lignes d'égale valeur absolue de Z rapportée à juin 1955.

Pour comparer les deux cartes il suffit donc de connaître la différence entre la valeur de Z à Dourbes et une de nos stations de valeur absolue.

A cette fin nous avons déterminé la valeur absolue de Z, au point 541 de la nouvelle carte magnétique de Belgique, situé un peu au Nord de notre carte.

$$Z_{541} \text{ (juin 1955)} = 43.118\gamma \text{ (2)}$$

or :

$$Z_{\text{Dourbes}} - Z_{541} = -238\gamma$$

donc :

$$Z_{\text{Dourbes juin (1955)}} = -238\gamma + 43.118\gamma = 42.880\gamma$$

Notre ligne d'égale valeur de $Z = 43.000\gamma$ (zéro de notre carte) correspond à la ligne d'égale différence $42.880\gamma - 43.000\gamma = -120\gamma$.

Pour la nouvelle carte magnétique de la Belgique, toutes nos valeurs sont comprises entre -1296γ et $+413\gamma$.

L'Institut Royal Météorologique de Belgique procède au levé d'une carte magnétique de Belgique en valeur absolue ramenée au 1er janvier 1960.

Pour permettre l'intégration de notre carte dans ce nouvel ensemble il nous suffit de savoir que la valeur de Z à Manhay (1960) $= 43.190\gamma$ soit une augmentation de 115γ par rapport à juin 1955.

Il faut donc ajouter 115γ à toutes nos valeurs absolues.

---

(1) A partir de 1952, la station d'Uccle a été remplacée par la station magnétique établie dans le Centre de Physique du Globe à Dourbes (Province de Namur, près de la frontière française).

(2) Les nouvelles cartes magnétiques établies par MM. De Vuyst, A., Koenigsfeld, L., Lahaye, E., donnent pour la station 541 (1960) une valeur de 43.229 γ ; ce qui donnerait pour juin 1955 : 43.114 γ.

CHAPITRE V

MÉTHODE DE TRAVAIL POUR L'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE

Pour avoir une cartographie correcte dans les zones d'anomalies nous sommes obligés d'avoir un réseau de stations très dense, une au moins tous les 15 m, soit pour notre carte de 15 km² nous aurions dû déterminer la valeur de Z en 66.600 stations ce qui est évidemment impossible et surtout inutile dans les régions magnétiquement calmes.

Nos 8.157 stations réparties géométriquement représentent une station tous les 45 m ce qui est vraiment trop peu pour donner la physionomie exacte des zones anormales.

Nous avons donc augmenté le nombre des profils et rapproché les stations dans les zones troublées.

Dans chaque secteur de la carte nous avons commencé par lever un grand profil, habituellement le long d'un chemin ou d'un coupe-feu, avec stations tous les 10 ou 15 m ; si ce profil repérait une anomalie magnétique, le maximum et le minimum étaient matérialisés sur le terrain. Parallèlement à ce premier profil nous exécutions un second à une distance variant entre 30 et 60 m et les points de valeurs extrêmes étaient également matérialisés. Ensuite par visée de maximum à maximum le tracé théorique de la crête d'anomalie était tracé sur le terrain et un petit profil intermédiaire de quelques stations nous permettait de vérifier la continuité des isogammes. Et ainsi de proche en proche la couche était suivie à la trace sur le terrain.

Par levés topographiques, exécutés à la boussole et à la chaîne d'arpenteur, chaque profil avec leurs points singuliers était situé sur une carte de détail au 1/4.000e ou au 1/1.000e suivant la complication magnétique de la région.

Pour les mesures de longueur nous avons parfois employé un petit télémètre Wild qui, avec certaines précautions, donne de bons résultats pour les distances comprises entre 35 et et 150 m. Toutefois, nous avons tenu à vérifier nos résultats en fermant chacun de nos relevés topographiques.

En partant des points singuliers situés sur la carte nous avons dessiné chaque courbe d'isogamme.

Si pour une cause géologique quelconque, la trace de la couche était brusquement interrompue nous levions un nouveau grand profil qui nous donnait une des deux solutions suivantes : *a*) nous retrouvions la couche, alors nous la suivions comme expliqué plus haut ; *b*) nous ne retrouvions pas la couche, alors, après corrections des variations diurnes, nous examinions en détail la moindre anomalie en exécutant des profils d'abord parallèles et des deux côtés du premier pour voir si cette petite anomalie n'était pas causée par une couche s'arrêtant à proximité du grand profil de base ; ou ensuite, perpendiculaires pour voir si elle n' était pas causée par une couche sub-parallèle à notre profil de base et qui s'en rapprochait localement.

Grâce à cette méthode nous espérons avoir retrouvé toutes les zones d'anomalies.

Pour dessiner la carte nous avons choisi les valeurs les plus caractéristiques et pour plus de clarté nous avons seulement dessiné les isogammes de 44.000 ; 43.700 ; 43.500 ; 43.300 ; 43.200 ; 43.150 ; 43.100 ; 43.050 ; 43.000 ; 42.950 ; 42.800 et 42.600. Nous avons teinté les zones délimitées par ces isogammes, en rouge dégradé pour les valeurs supérieures à 43.000 et en bleu dégradé pour les valeurs inférieures. En magnétisme, le bleu étant réservé aux valeurs négatives, nous devons justifier la raison pour laquelle nous avons choisi la valeur de 43.000γ comme niveau d'anomalie nulle.

Nous aurions pu prendre la valeur théorique de Z calculée en fonction de la latitude et de la longitude, mais elle n'a aucune signification au point de vue du géologue-géophysicien.

La détermination du niveau d'anomalie nulle a fait l'objet d'une étude détaillée de P. Evrard [5], mais par cette méthode on obtient un zéro propre à chaque profil car il est fonction de la position géométrique et de la profondeur de la cause de l'anomalie.

Dans les différents isogammes tracés sur la carte nous avons choisi la courbe 43.000γ comme niveau d'anomalie nulle pour n'avoir des anomalies négatives que dans les régions magnétiquement troublées et avoir dans les zones calmes une valeur positive faible.

CHAPITRE VI

INTERPRÉTATION THÉORIQUE DES PROFILS MAGNÉTIQUES

Chaque profil magnétique est susceptible d'une interprétation théorique permettant de déterminer la profondeur de la tête de couche et sa position géométrique.

Cette méthode a été appliquée par M. P. V. Duhoux [4] dans le massif de Hourt et par MM. I. de Magnée et J. Raynaud [13] dans le massif du Brabant.

En un point de coordonnées a, c, l'anomalie verticale causée par une couche inclinée est :

$$Z = 2kT' \sin M \left[\sin (M - i) . \log \frac{r_1}{r_2} + \cos (M - i) . \alpha \right] \qquad (1)$$

k = coefficient de susceptibilité magnétique.

T' = projection du vecteur champ magnétique terrestre.

La signification des autres paramètres est donnée à la figure 1.

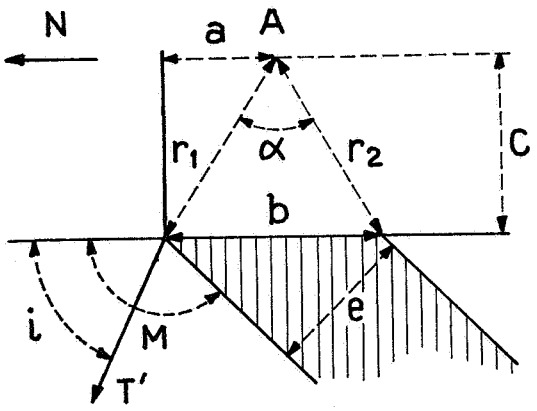


Fig. 1.

La valeur de c comprend la hauteur du magnétomètre et l'épaisseur de l'éluvium au-dessus de la tête de couche.

A l'aide de la formule (1) on peut établir une série de profils magnétiques théoriques avec en ordonnée les valeurs en chaque point de $\frac{Z}{2kT'}$, c'est la composante verticale du champ magnétique terrestre à un facteur $2kT'$ près, et que l'on suppose constant.

Par le procédé des superpositions on compare les profils magnétiques expérimentaux à ces courbes magnétiques théoriques dressées pour des allures déterminées de la couche.

Cette méthode à l'avantage de rendre l'interprétation mathématique des observations indépendante de la valeur de la susceptibilité magnétique k, mais, comme toutes les méthodes de tâtonnements, elle est longue et laborieuse.

M. P. V. Duhoux [4] et puis M. P. Evrard [5] ont proposé des procédés graphiques pour dresser les courbes d'anomalie mais ces méthodes, exigeant une simplification de la formule, ne s'appliquent qu'aux couches minces, c'est-à-dire, celles dont l'épaisseur est moindre que le recouvrement.

Dans ces conditions b est petit par rapport à c et l'on peut négliger les termes du second ordre et l'on obtient :

$$Z = 2k.e.T' \frac{c \cos (M - i) - a \sin (M - i)}{a^2 + c^2} \qquad (2)$$

Cette expression permet une construction graphique de la courbe d'anomalie ne nécessitant le tracé que d'un seul cercle de rayon $R = \frac{keT'}{c}$. Mais le rayon du cercle étant une fonction de k et de e, il y aura une indétermination sur l'épaisseur de la couche si l'on ne connaît pas la valeur de k.

La valeur de k peut être déterminée par mesure directe ; M. P. V. Duhoux a préféré la déduire d'un profil recoupant la couche en un point où elle affleure avec ses données géométriques (e, c et $(M - i)$), qui remplacées dans la formule (1) donne la valeur de k.

En supposant comme constantes la valeur de k et l'épaisseur de la couche (e), M. P. V. Duhoux a déterminé au droit de chaque profil, l'inclinaison et la profondeur de la couche et même parfois des structures tectoniques cachées sous 50 m de terrain revinien.

Il est évident que la constance de ces deux valeurs le long d'une même couche est absolument contraire aux données d'observation et M. F. Corin écrit au sujet des phyllades du *Dv2b* « La magnétite y prend plus ou moins d'importance. Elle est surtout abondante au Sud de Hourt ».

M. P. V. Duhoux admet l'existence d'une seule couche à magnétites dans la région et interprête tous ces profils avec les mêmes valeurs de base $k = 10^{-2}$ et $e = 250$ cm et en employant la formule simplifiée (2).

La coupe de la vallée de la Salm, le long de la grand-route nous permet d'observer au km 105,253 une couche de phyllade vert contenant des petits octaèdres de magnétite. Cette couche à une puissance de 2,50 m.

Au km 103,260, affleure également une couche à magnétites dont les données géométriques (pendage, direction, épaisseur) nécessaires à un calcul de référence, ont révélé à M. P. V. Duhoux que le coefficient de susceptibilité k est voisin de 10^{-2}.

M. P. V. Duhoux a admis que c'est la même couche qui affleure en deux points de la route, or comme nous le verrons dans l'interprétation de la carte magnétique, ce sont deux couches bien distinctes séparées par environ 190 m de stampe et celle affleurant au km 103,260 n'a pas une puissance de 2,50 m mais de 9,50 m.

Cette observation change bien des données du problème, car les profils ne peuvent évidemment plus être interprétés par la formule simplifiée établie pour les couches minces.

En tenant compte de la puissance de la couche au km 103,260 nous avons calculé la valeur de la susceptibilité magnétique et nous avons trouvé : $k = 3750.10^{-6}$ soit environ le 1/3 de la valeur donnée par M. P. V. Duhoux.

Ces observations nous montrent que l'interprétation théorique des profils magnétiques repose sur de telles inconnues que c'est vraiment se laisser leurrer que de vouloir en tirer des conclusions sur la tectonique profonde.

Pour nous faire une idée des données géométriques de la couche nous avons tenu compte des règles générales suivantes :

1° Si l'anomalie négative est importante et située au Nord de l'anomalie positive nous admettons qu'elle est due à une couche de faible inclinaison sud ;

2° Plus la distance entre le maximum et le minimum est grande plus la couche est profonde.

Il est d'un intérêt majeur pour dessiner la carte géologique de savoir situer la couche par rapport à la crête de maximum ou de minimum. M. P. Evrard a fait la proposition simple suivante : « La droite joignant le minimum au maximum coupe la courbe d'anomalie en un point situé à l'aplomb de la tête de couche ». Malheureusement cette proposition simple à un champ d'application réduit car en effet il faut : 1° que le maximum et le minimum soient bien marqués, c'est-à-dire pour une couche EW que son inclinaison soit comprise entre 10° et 40° vers le Sud. 2° que la profondeur de la tête de couche soit au moins égal à 6 fois l'épaisseur de la couche (proposition de base pour pouvoir appliquer la formule simplifiée (2) employée par M. P. Evrard).

Devant ces difficultés et ces indéterminations nous avons donc toujours dessiné la trace de la couche à magnétites à l'emplacement de la crête de maximum.

En procédant de la sorte l'erreur n'est pas très grande, car dans une région à forte inclinaison magnétique (sous nos latitudes par exemple) le maximum de l'anomalie verticale reste cantonné à l'aplomb de la tête de couche. Nous avons tenu compte de la remarque de MM. I. de Magnée et J. Raynaud [13] : « dans un grand nombre de cas (couverture peu épaisse et angle M grand) les maxima et les minima des courbes d'anomalie verticale sont sensiblement situés à l'aplomb des limites de la tête de couche. » En traçant notre couche à l'emplacement de la crête de maximum nous avons donc approximativement dessiné l'allure du toit de la couche (du toit géométrique naturellement).

CHAPITRE VII

DONNÉES GÉOLOGIQUES ET INTERPRÉTATION DE LA CARTE MAGNÉTIQUE

§ 1. — EXPLICATION ET JUSTIFICATION DU TRACÉ DE LA COUCHE SUPÉRIEURE A MAGNÉTITES

A. — Limite méridionale du massif

a) Rive droite de la Salm.

Une couche à magnétites affleure dans la petite carrière ouverte dans le talus de la route Vielsalm-Grand-Halleux au km 103,260.

Le niveau de schiste vert à magnétites a une puissance de 9,50 m, il a une direction N60°E et incline de 50° vers le Sud.

Le profil 160 (1), exécuté sur la bordure est de la route, nous montre nettement l'influence de cette couche à magnétites sur la composante verticale du champ magnétique terrestre, dont les valeurs anormales vont nous permettre de suivre cette couche repère le plus souvent cachée sous l'éluvium.

Le profil 158, situé à 40 m à l'Est, nous permet de fixer le tracé de la couche dont nous avons toutefois vérifié la continuité en exécutant un petit profil intermédiaire (n° 159).

Le profil 156, n'a pas situé la couche dans son prolongement supposé mais 80 m plus au Nord ; afin de déterminer si ce déplacement vers le Nord est dû à un pli ou à une faille nous avons exécuté le profil 157, qui nous oblige à admettre l'existence entre les profils 158 et 157 d'une petite faille transversale (F) de direction subméridienne (2).

Le profil 155, nous montre également l'existence d'une faille (E) de même type située entre ce profil et le 156 ; ces deux failles limitent à l'Est et à l'Ouest un petit graben.

Cette solution demande toutefois une justification car l'anomalie magnétique due à la couche est beaucoup plus faible dans le graben que dans les deux horst qui le limitent.

Une diminution de l'anomalie maximum peut être due à une plus faible teneur en magnétite (k plus petit), mais il serait étonnant que de part et d'autre d'une faille transversale la composition chimique de la roche soit si différente.

Soit une couche à magnétites de 9,50 m de puissance, de direction N60°E et inclinant de 50°S, comment varient la valeur maximum et la valeur minimum de $Z/2kT'$ en fonction de la profondeur de la tête de couche c ?

(1) Les profils avec leur numéro sont situés sur la planche II hors texte.
(2) Carte géologique, planche III hors texte.

Pour déterminer les valeurs du maximum et du minimum de $Z/2kT'$ en fonction de c il est nécessaire de connaître le lieu des maxima et des minima en fonction de c et cela par rapport à l'aplomb des limites de la tête de couche.

Le lieu des maxima et des minima s'obtient en déterminant les racines de l'équation obtenue en annulant la dérivée première de la fonction $Z = \ldots\ldots$ (formule 1). Les racines de cette dérivée première annulée sont (M. P. V. Duhoux, p. M. 118 [4] :

$$\frac{b}{2} - c \cot (M - i) \pm \sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 + \frac{c^2}{\sin^2 (M - i)}}$$

Cette hyperbole équilatère s'obtient graphiquement en traçant la droite $\frac{b}{2} - c \cot (M - i)$ et en additionnant ou en retranchant l'hypothénuse du triangle rectangle ayant comme côtés de l'angle droit $c/\sin (M - i)$ et $b/2$.

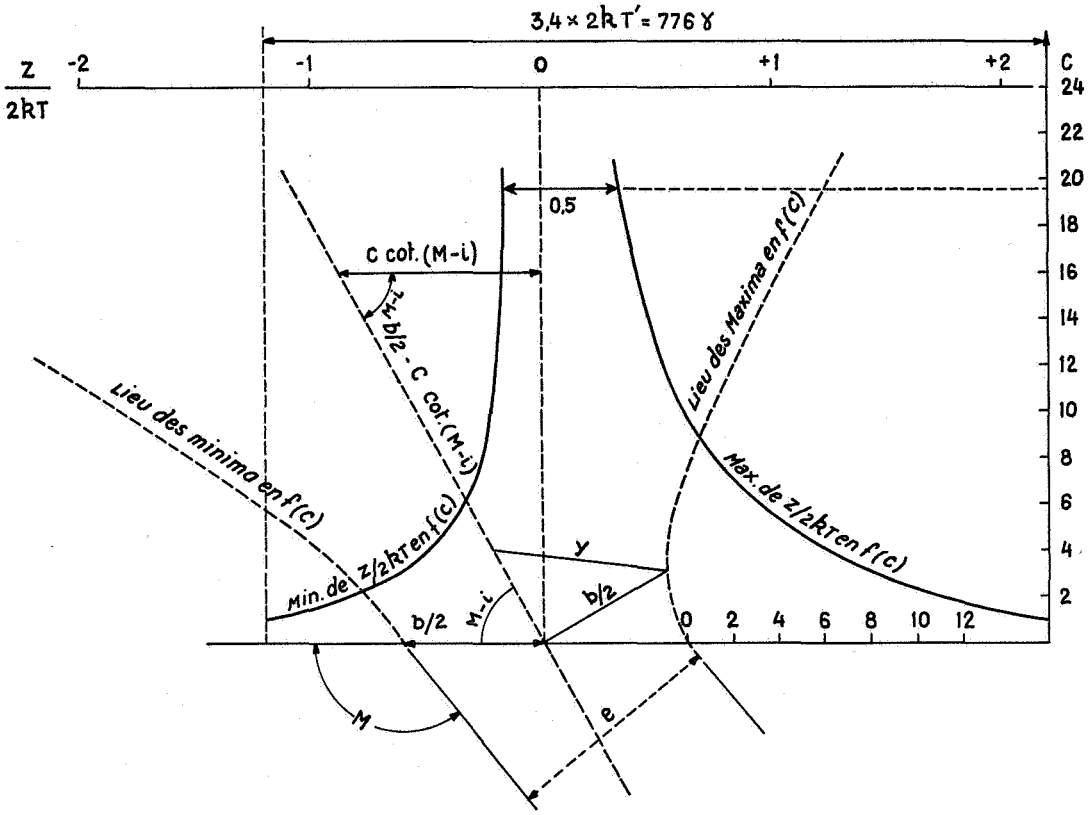


Fig. 2.

Traits interrompus. — Le lieu des maxima et des minima en fonction de C par rapport à l'aplomb des limites de la couche.

En trait continu. — Courbes de variation du maximum et du minimum de $Z/2kT'$ en fonction de C. Pour $M = 130°$; $i = 69°$ et $b = 12{,}50$ m.

Cette courbe nous permet de déterminer au maximum et au minimum et pour chaque valeur de c, les valeurs de r_1, r_2 et α, qui remplacé dans la formule (1) avec :

$M = 180^o - 50^o = 130^o$ (50° = inclinaison de la couche).

$\operatorname{tg} i = \dfrac{\operatorname{tg} I}{\cos \delta}$ $\delta = 90^o - \beta$ $\beta = 60^o$ (direction de la couche).

$I = 66^o$ (environ pour la Belgique).

Nous obtenons donc $i = 69^o$.

Nous pouvons ainsi tracer les courbes de variation des valeurs du maximum et du minimum en fonction de c.

Sur la figure 2, nous pouvons nous rendre compte que nous ne faisons pas une grande erreur cartographique en dessinant sur la carte géologique le toit de la couche à l'emplacement du maximum d'anomalie.

A l'Ouest de la faille transversale F, la couche étant en affleurement nous obtenons pour $c = 1$ (hauteur du magnétomètre) un écart entre le maximum et le minimum de $(3{,}4 \times 2kT')\gamma$. Or au profil 158 l'écart entre le maximum et le minimum est de 776γ donc $3{,}4 \times 2kT' = 776$.

A l'Est de la faille transversale F, l'écart entre le maximum et le minimum est de 113γ soit de $(0{,}5 \times 2kT')\gamma$.

Sur la figure 2, nous lisons directement que pour un écart de 0,5 entre le maximum et le minimum la valeur de c est de 19,60 m.

Donc à l'Est de la faille transversale F si la couche a gardé toutes ses caractéristiques géométriques et chimiques, sa tête doit se trouver à environ 20 m de profondeur, ce qui ne peut s'expliquer par une épaisseur plus grande de l'éluvium au pied du talus mais par une faille.

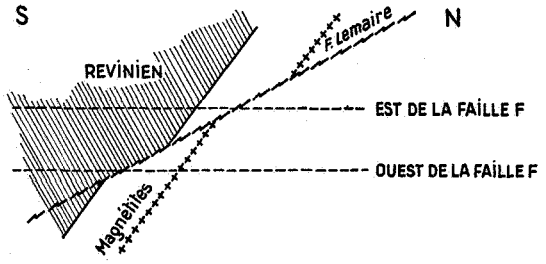


FIG. 3. — La faille Lemaire à l'Est et à l'Ouest de la faille transversale F.

Dans la tranchée de la route, l'absence des phyllades d'Ennal (*Rv1*) entre le Devillien et les phyllades à petits bancs de quartzites du Revinien ne peut s'expliquer que par une faille. Pour M. F. CORIN [2] c'est une branche de la faille complexe de Rencheux, qu'il considère comme faille de charriage.

Nous pensons que cette faille n'est pas très importante, elle est du type longitudinal à rejet inverse. Nous l'appellerons faille Lemaire.

A l'Ouest de la faille transversale F, nous avons en allant du Sud au Nord, le Revinien, la faille puis la couche à magnétites (fig. 3).

A l'Est de la faille transversale F, nous avons le Revinien, la faille puis le Devillien avec la couche à magnétites à environ 20 m de profondeur (fig. 3).

A l'Est de la faille transversale E, limitant le horst, la couche a été repérée par les profils 154, 153, 152, 151 et 150. C'est dans cette région qu'elle est responsable des plus fortes anomalies magnétiques relevées dans tout le secteur étudié, en effet, le maximum est égal à 44.176γ et le minimum à 42.467γ, soit un écart de 1709γ.

Le profil 150 nous permet de déceler une nouvelle faille transversale, la faille D, causant un effondrement du secteur est ; la couche ainsi déplacée a été repérée par les profils 148, 147 et 145 ainsi que par quelques profils intermédiaires montrant un léger changement dans la direction de la couche.

Au point de rencontre du profil 145 et de la bordure sud de la route, M. F. Corin signale dans les archives de la carte géologique de Belgique du phyllade à magnétites dans un trou actuellement remblayé. Cette observation est en parfaite concordance avec les données de la carte magnétique.

Le profil 144 nous montre qu'en ce point la couche n'affleure pas, il y a donc une faille transversale entre les profils 145 et 144, c'est la faille C causant un effondrement de la partie située à l'Ouest.

A l'Est du profil 144, la couche fut repérée et suivie par des petits profils en plus de ceux numérotés 143, 142 et 141.

L'absence de la couche en affleurement aux environs du profil 144, peut s'expliquer par la faille Lemaire.

Les profils 140 et 139 ne permettent pas de conclure à la présence de la couche dans ce secteur, elle est cisaillée par la faille Lemaire.

Au Nord de la faille Lemaire nous retrouvons la couche aux profils 138, 137 et 136 montrant un changement complet de sa direction qui devient subméridienne.

Plus au Nord, l'affleurement de la couche est légèrement reporté vers l'Est et nous le suivons par les profils 135, 134, 133, 132 et 131. Ces deux derniers profils, montrant deux maxima, nous donnent un point de passage de la faille Lemaire dont le tracé irrégulier en surface est dû à la topographie (fig. 4).

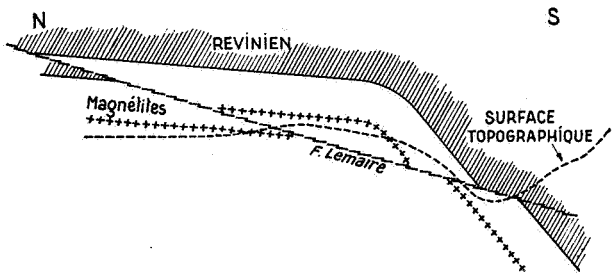


Fig. 4. — La faille Lemaire à l'extrémité Est du massif.

La position de la couche de part et d'autre de la faille nous en donne le sens de son rejet.

Dans son étude magnétique de la région M. P. V. Duhoux [4] a signalé l'existence de la couche à magnétites affleurant dans le talus est de la route. Notre profil 160 est situé à l'emplacement de son profil 17. « A l'Est immédiat du profil 17, écrit M. P. V. Duhoux, la topographie et la végétation qui encombre le glacis ont empêché la progression des recherches : la trace de la couche est notée, sous réserves, en pointillé ».

Les sapins ayant grandi, nous avons pu exécuter une série de profils qui ont précisé la trace de la couche et mis en évidence la présence de failles transversales (C, D, E et F).

Le profil 18 de P. V. Duhoux correspond à notre profil 145.

Le profil 20 de P. V. Duhoux correspond approximativement à nos profils 139 et 140 qui comme nous l'avons dit ne permettent pas de conclure à la présence de la couche dans ce

secteur ce qui nous a amené à tracer une faille longitudinale : la faille Lemaire. Au sujet de son profil 20, P. V. DUHOUX écrit : « Indications un peu confuses, continuité latérale douteuse ».

b) Rive gauche de la Salm.

De l'affleurement de la couche à magnétites au km 103,260 de la route Grand-Halleux-Vielsalm, nous avons suivi la couche vers l'Est.

Afin de nous faire une idée sur la limite méridionale du massif nous allons suivre cette couche vers l'Ouest par les profils 164 et 165 qui nous montrent qu'elle vient buter sur une faille.

Ce contact anormal a été interprété par M. P. V. DUHOUX comme un point de passage de sa grande faille de charriage amenant le Revinien sur le Devillien, nous pensons que c'est un point de passage d'une faille transversale G causant un effondrement de la partie Ouest.

A l'Ouest immédiat de cette faille, le profil 166 nous montre que la couche n'arrive pas en affleurement, elle est cisaillée par la faille Lemaire, mais plus à l'Ouest, vers le sommet de la crête, la couche affleure et a été repérée par les profils 188, 189, 190, 191 et 192.

Ce point de cisaillement a été repéré par M. P. V. DUHOUX, mais alors que nous considérons que c'est le fait d'une faille à faible rejet inverse il l'interprète comme un point de passage d'une grande faille de charriage.

A l'Ouest du profil 192, la couche est brusquement coupée par une nouvelle faille transversale H, le profil 194 ne nous donnant aucune indication.

Entre les profils 192 et 173 nous n'avons pas trouvé de trace de la couche, les profils 194, 280, 182, 279, 177 et 278 n'ayant décelé aucune anomalie. Ce n'est que plus à l'Ouest que les profils 173, 174, 175, 176, 178 et 179 ont révélé une zone d'anomalie dont le dessin des isogammes est très complexe, certains profils donnant trois crêtes de maximum sur une distance de 70 m.

Entre les profils 194 et 177-278, le contact Revinien-Devillien se fait par faille, la faille Lemaire [1].

A l'Ouest de la faille I la couche a été repérée par les profils 173, 174, 175, 176, 178 et 179, elle dessine un anticlinal mis en contact par la faille Lemaire sur la plateure pied sud qui vient buter contre la faille transversale J.

A l'Ouest de la faille transversale J, la couche a été retrouvée par le profil 276. A partir de ce point sa trace en surface prend une direction SN confirmée par les profils 274 et 203.

Notre profil 203 est le profil 2 de M. P. V. DUHOUX, qui à partir de ce point prolonge la couche vers le Nord en se basant sur ses profils 1, 65 et 64 et il écrit : « Les profils 1 et 2 sont fort expressifs et montre une couche de faible pendage ouest (15 à 20°) enfouie sous au moins 10 mètres de couverture. La couche est encore suivie, sans désemparer vers le Nord par les profils 65 et 64, dont les indications cependant commencent à manquer de netteté. »

Profil 1 de M. P. V. DUHOUX = les 130 derniers mètres de notre profil 171.

Dans ce profil nous n'avons absolument rien trouvé qui puisse justifier le passage de la couche, en effet, notre maximum d'écart sur ces 130 mètres n'est que de 28γ.

Profil 65 de M. P. V. DUHOUX = notre profil 170 de 100 m à 210 m.

Rien non plus ne justifie le passage de la couche, le maximum d'écart étant seulement de 22γ.

---

[1] Au Sud de cette faille, M. P. V. DUHOUX signale un gros affleurement qui est : « assurément du Devillien ». Après examen de cet affleurement de phyllade noir et de quartzite nous pensons qu'il est plutôt Revinien.

Profil 64 de M. P. V. DUHOUX = notre profil n° 195.

Dans ce profil l'écart maximum est plus important, il est de 60γ, mais nous verrons que cette faible anomalie est due à une autre couche s'arrêtant à proximité de ce profil.

Au Nord de notre profil 203 (1), la couche déplacée par la faille Lemaire fut suivie vers l'Ouest par les profils 169, 246, 263, 259, 265, 267, 268, 269, 289 et 440. La discontinuité de son tracé en surface, démontre l'existence de trois petites failles transversales K, L et M donnant chaque fois un effondrement du massif situé à l'Ouest.

Dans ce secteur nous avons une anomalie assez forte (plus de 300γ) mais de faible gradient dont la zone de maximum se situe au Sud de la trace de la couche à magnétites. Elle peut être causée par des cristaux de sulfure de fer répartis dans les terrains reviniens ou par la couche à magnétites qui se rapproche de la surface à la faveur d'un anticlinal secondaire.

B. — La limite orientale

a) Entre la faille Lemaire et la faille de Coirnaumont.

A partir du profil 130, situé directement au Nord de la faille Lemaire, nous retrouvons la couche de direction SN avec inclinaison vers l'Est. Son tracé vers le Nord a été précisé par les profils 130, 129, 128, 127 et 126.

Au Nord du profil 127, comme nous nous approchons du passage présumé de la faille de Coirnaumont (CORIN [2]) nous avons complété les profils transversaux par des profils longitudinaux afin de dessiner une carte magnétique détaillée à l'échelle du 1/1.000e dans le but de vérifier le texte de M. P. V. DUHOUX ([4]) p. M. 145) : « Averti de la présence de la faille de Coirnaumont, j'ai exploré magnétiquement (2), avec minutie toute particulière la zone de ces phyllades que cet accident devrait intéresser. On peut catégoriquement affirmer que la faille n'affecte pas les phyllades, et cela étant, je me vois bien forcé d'invoquer un nouvel accident — plat à cet endroit — qui sépare le *Dv1* de *Dv2b* et consacre pratiquement leur indépendance tectonique ».

La faille de Coirnaumont, repérée dans la tranchée du chemin de fer par F. CORIN, semble un accident de peu d'importance mais les conclusions formelles de M. P. V. DUHOUX et surtout les conséquences qui en découlent, justifient à elles seules un levé magnétique détaillé et précis que nous avons reproduit à la figure 5.

L'interprétation de cette carte nous permet de tirer des conclusions aussi formelles mais contraires à celles de M. P. V. DUHOUX et d'affirmer catégoriquement que la faille de Coirnaumont affecte le niveau des phyllades à magnétites. Nous observons en effet qu'au Nord du profil 127 la crête d'anomalies maxima est brusquement déplacée vers l'Ouest d'environ 70 m.

Un des arguments de M. P. V. DUHOUX pour justifier l'existence d'une faille de charriage entre « son autochtone » et son « écaille moyenne » n'a donc pas de valeur.

b) Entre la faille de Coirnaumont et la faille transversale B.

A partir du profil 121, en nous dirigeant vers le Nord, le niveau à magnétites a été successivement recoupé par les profils 119, 118, 116, 115, 114, 113, 112 et 110.

---

(1) Sur la carte magnétique le long du profil 172 entre ses points de rencontre avec les profils 169 et 257, est figurée une plage ovale teintée comme comprise entre +200γ et +300γ c'est une erreur d'impression, les valeurs dans cette plage sont comprises entre +100γ et +150γ.

(2) Cette exploration consiste en deux profils transversaux, les numéros 29 et 31 distants de 150 m et un profil longitudinal, le numéro 30.

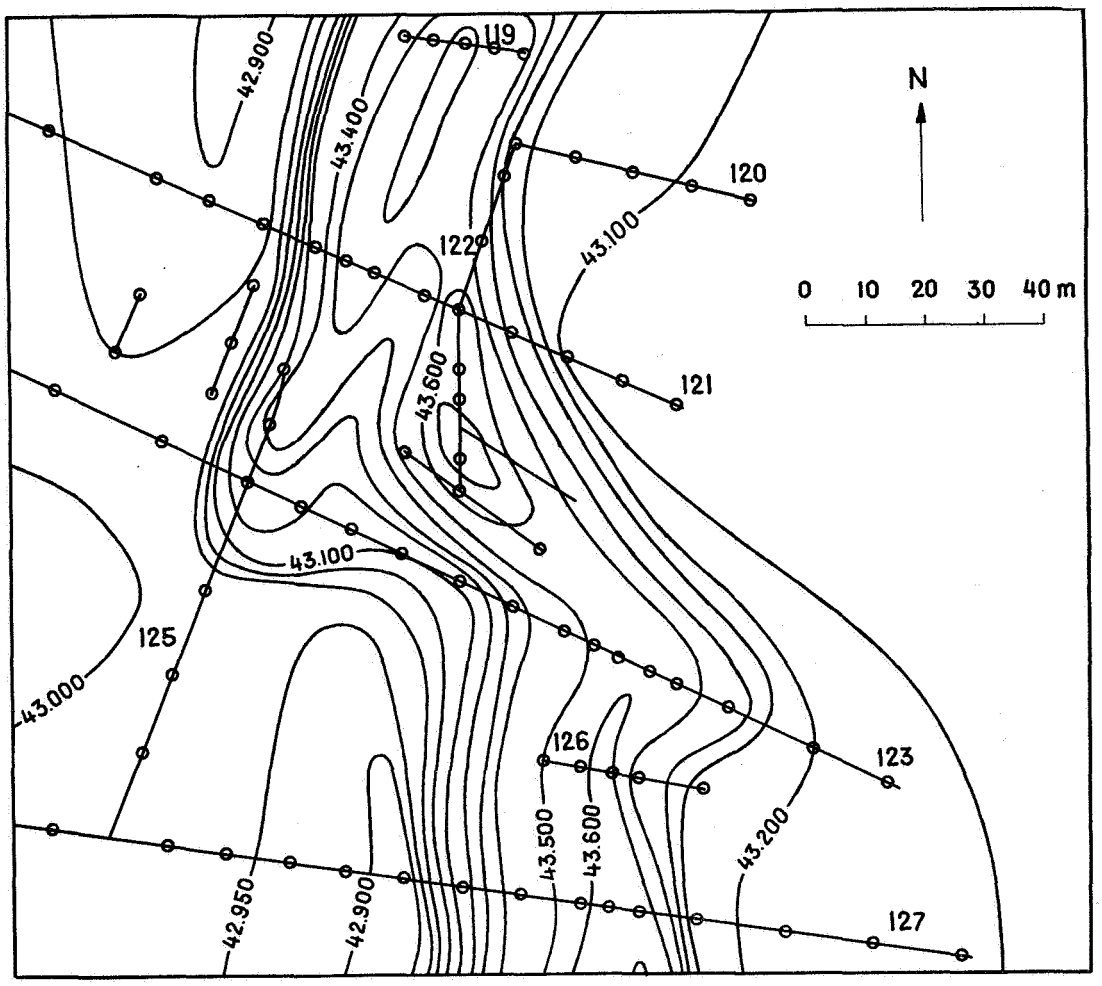


FIG. 5. — Carte magnétique de détail de la zone de la faille de Coirnaumont.

Au Nord du profil 110, la trace de la couche de direction SN s'infléchit brusquement et prend une direction N.60°E. Les profils 104, 101 et 102 nous ont permis de suivre la couche dans cette nouvelle direction. Plus à l'Est, le profil 103, nous montre que le niveau à magnétites est brusquement interrompu par une faille (la faille B).

Cette faille n'a pas été reconnue par M. P. V. DUHOUX qui signale que la couche a été recoupée par son profil n° 34 (notre 99). En effet ce profil, non interprété dans son contexte (la carte magnétique) montre une anomalie pouvant faire croire au passage de la couche mais en réalité, la carte des isogammes montre que ce profil s'est rapproché puis éloigné d'une zone maximum très importante située au Sud mais qu'il n'a pas recoupé la couche.

Nos profils 95, 96, 97 et 98 montrent à suffisance que la couche est absente dans ce secteur.

c) Entre la faille transversale B et la faille longitudinale Le Monti.

La couche « perdue » au profil 103 fut retrouvée plus au Nord par le profil 46 et suivie vers l'Ouest grâce aux profils 91, 92 et 93. Plus à l'Ouest, les profils 94 et 96 ne donnant plus d'anomalie nous en déduisons que la couche est brusquement interrompue, nous avons là un autre

point de passage de la faille B, qui est une faille transversale de direction N.20°W, le massif est étant descendu par rapport au massif ouest.

A partir du 46 la couche de direction N.60°E, a été suivie par les profils 57, 56, 55, 14, 13 et 12 où la trace de la couche prend une direction subméridienne comme le montrent les profils 11, 10, 9 et 8.

Mais il nous faut trouver une explication à la présence de deux maxima dans les profils 10, 9 et 8.

Sur la carte magnétique nous observons qu'entre les profils 11 et 10, la crête de maxima est déplacée de 30 m vers l'Est, nous sommes donc obligés d'admettre l'existence d'une faille longitudinale dont nous allons essayer d'en déterminer les caractéristiques.

Le profil 8, avec ses deux maxima, reproduit figure 6 peut s'interpréter comme suit :

Première interprétation :

La faille longitudinale à une inclinaison sud. Etant donné la position de la trace de la couche de part et d'autre de la faille, nous devons admettre que son rejet est normal.

Dans ces conditions, en venant de l'Ouest, la première anomalie avec minimum et maximum est causée par une couche à magnétites située dans le massif supérieur à la faille (dont la trace est horizontale dans le plan de coupe), la deuxième anomalie est causée par la même couche à magnétites mais faisant partie du massif inférieur.

Il est étonnant que le maximum de la première soit moins important que le maximum de la seconde alors que celle-ci est surmontée d'une dizaine de mètres de terrain.

Il est possible d'admettre que les valeurs positives de la première se situent dans la zone influencée négativement par la seconde. Malheureusement il n'y a pas moyen d'évaluer cette influence car elle dépend du niveau d'anomalie nulle qui, fonction de la profondeur de la couche, est différent pour les deux niveaux.

Mais étant donné que pour une même couche la valeur de l'anomalie maximum varie sensiblement avec la profondeur de la tête de couche nous pensons que nous ne pouvons retenir cette interprétation.

Seconde interprétation :

La faille longitudinale a une inclinaison nord ; alors nous devons admettre que le rejet est inverse.

Dans ces conditions, en venant de l'Ouest, la première anomalie est causée par une couche à magnétites situées dans le massif inférieur à la faille tandis que la deuxième est causée par la même couche mais faisant partie du massif supérieur.

L'examen de la carte magnétique et des différents profils vont nous permettre de confirmer cette interprétation.

Suivons la crête d'anomalie maximum depuis le profil 12 jusqu'au profil 8 ; nous trouvons successivement les valeurs suivantes : $+623\gamma$; $+595\gamma$; $+409\gamma$; $+394\gamma$; et $+161\gamma$. Pour l'autre crête d'anomalie, du profil 10 au profil 6 nous trouvons $+502\gamma$; $+542\gamma$; $+566\gamma$ et $+582\gamma$.

A la figure 7 nous avons mis en abscisse la distance entre les différents profils et en ordonnée les valeurs du maximum de l'anomalie en chacun de ces profils.

En allant du Sud vers le Nord, nous voyons que les valeurs des maxima de la couche située au Sud de la faille diminuent tandis que ces valeurs, pour la couche située au Nord,

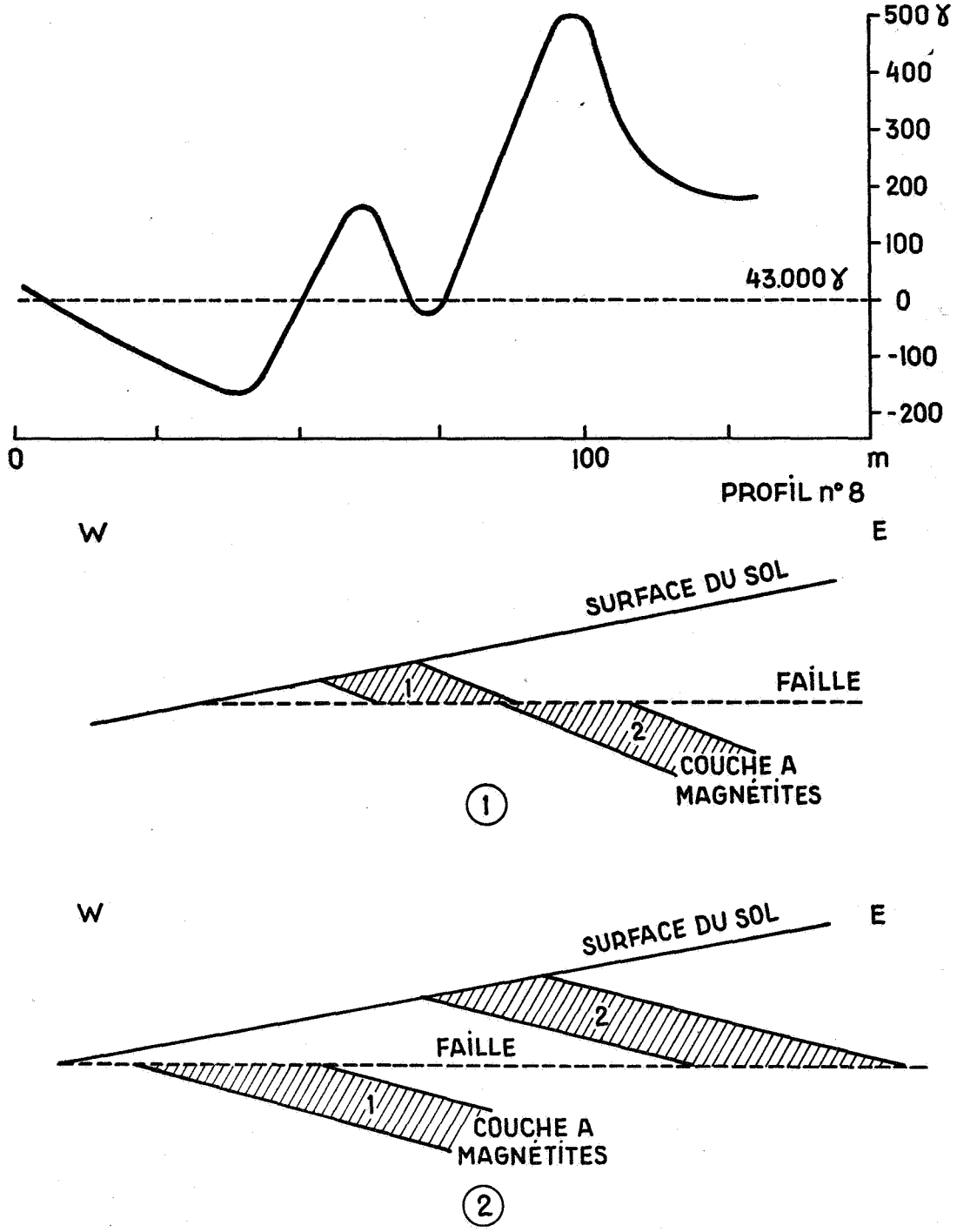


FIG. 6. — Interprétation du profil 8.

1. — Première interprétation : faille inclinant au Sud, rejet normal.
2. — Seconde interprétation : faille inclinant au Nord, rejet inverse.

restent à peu près constantes. Nous devons en déduire que la couche du massif sud plonge sous le massif nord c'est-à-dire que *c'est une faille longitudinale à inclinaison nord et à rejet inverse.* Nous l'appellerons la faille Le Monti.

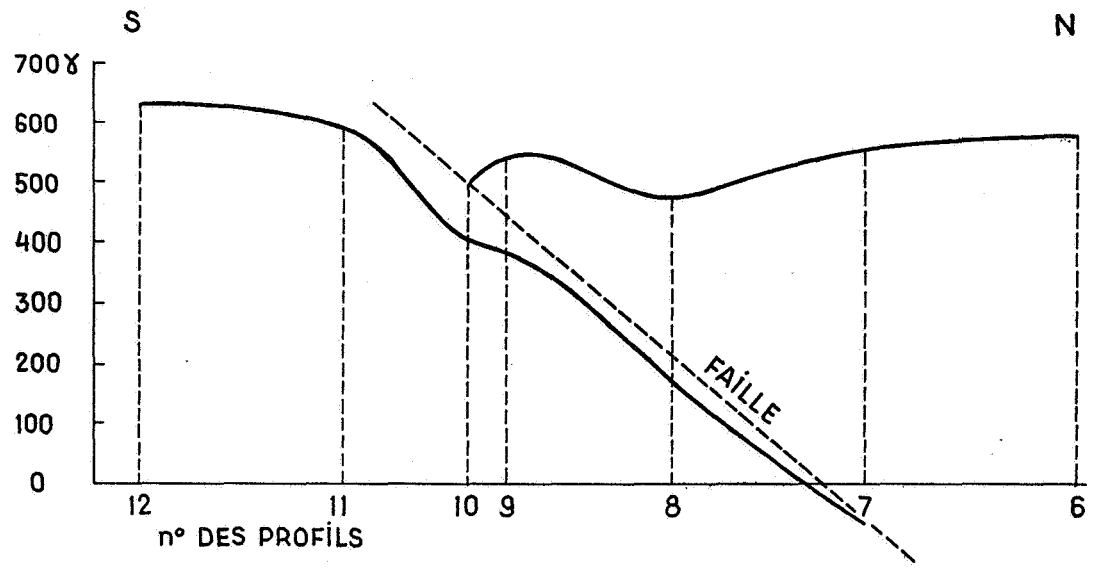


FIG. 7. — Détermination des caractéristiques de la faille Le Monti.

d) Entre la faille « Le Monti » et la faille transversale A.

La couche à magnétites déplacée par la faille Le Monti a été suivie vers le nord par les profils 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 201 et 81. Entre ces deux derniers, la couche prend une direction N.60°E. Plus à l'Est le profil 83 montre que le niveau à magnétites est interrompu par une faille, la faille transversale A.

Avant de parler de cette faille revenons un peu en arrière pour comparer nos données avec celles de M. P. V. DUHOUX car nos résultats ne sont pas concordants (fig. 8).

Ce géologue a suivi la couche jusqu'à son profil 48 et il écrit : « Vers le Nord en revanche, se développent des profils de très faible gradient, où les amplitudes atteignent +115γ et —27γ et où les points de maximum et de minimum sont distants de plus de 150 mètres ».

Pour lui, « cette allure d'anomalie suggère sans contredits, l'hypothèse d'une couche magnétifère assez profondément enfouie » et il ajoute : « La seule hypothèse admissible me paraît être la présence d'un paquet de Revinien reposant en discordance tectonique sur la tranche des formations devilliennes ».

De son profil 49, il déduit l'existence dans les terrains devilliens d'une allure anticlinale enfouie sous 50 mètres de phyllades du Revinien.

Son profil 49*bis* lui révèle la présence en profondeur d'un anticlinal complet de phyllades aimantifères et il ajoute : « En revanche, pour le profil 50, les phénomènes sont fort estompés en raison de l'enfouissement progressif de l'anticlinal... ».

Ce sont ces considérations qui l'amènent à admettre une grande faille de charriage entre le Revinien et le Devillien celui-ci apparaissant en fenêtre tectonique limitée par la faille du Bois-Lemaire-Le Lifa.

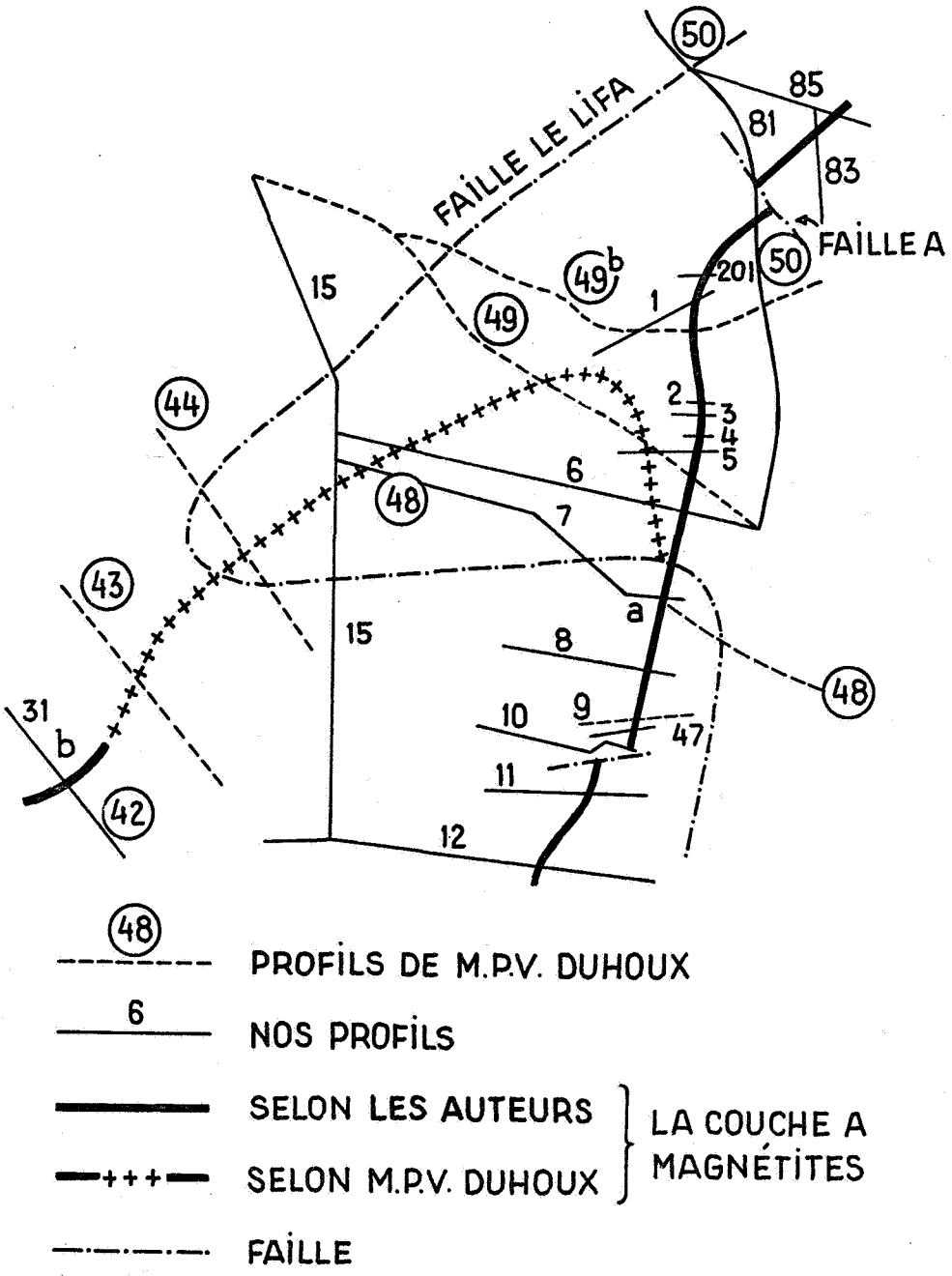


FIG. 8. — Comparaison avec le travail de M. P. V. DUHOUX.

Ce point est donc important et nous l'examinerons en détail, car c'est grâce à cet anticlinal caché sous le Revinien qu'il raccorde la couche recoupée par son profil 48 au point *a* à celle recoupée par son profil 42 au point *b*.

Jusqu'au profil 48 (notre profil 7) nous sommes d'accord, sur le tracé de la couche.

En nous dirigeant vers le Nord nous avons :

	Maximum	*Minimum*	*Ecarts*
Profil 7	+566γ	—193γ	759γ
Profil 6	+582γ	—160γ	742γ
Profil 5	+518γ	—150γ	668γ
Profil 4	+473γ	—	—
Profil 3	+265γ	—	—
Profil 2	+249γ	—	—
Profil 1	+171γ	— 82γ	253γ
Profil 201	+184γ	—102γ	286γ
Profil 81	+210γ	—	—

Nous avons certes une diminution de la valeur des maxima et des minima mais la couche se suit tout de même très bien depuis le profil 7 jusqu'à la faille transversale A, les écarts n'étant jamais inférieurs à 250γ et la distance entre le maximum et le minimum ne dépasse jamais 50 m.

Nous sommes loin des profils à très faible gradient relevés par M. P. V. Duhoux dans ce secteur et nous ne comprenons pas les valeurs obtenues à son profil 49 (au maximum un écart de 110γ) alors que dans nos profils 5 et 6 nous avons des écarts de 750γ ; il en est de même à son profil 49*bis*, où il signale une anomalie nette d'une amplitude voisine de 75γ alors qu'à notre profil 1, nous trouvons un écart maximum-minimum de 253γ.

De nos observations nous tirons les conclusions suivantes :

1° Du point *a*, la couche se suit vers le Nord puis vers le Nord-Est jusqu'à la faille transversale A et même plus loin comme nous le verrons au paragraphe suivant.

2° Il n'est donc pas possible de raccorder la couche du point *a*, à celle recoupée au point *b* par le profil 31 (le 42 de M. P. V. Duhoux). Il existe donc deux couches à magnétites. Leur distance en stampe normale est d'environ 190 m.

3° Il n'existe aucune preuve de l'existence de la faille « Le Lifa » charriant le Revinien sur le Devillien. La diminution de la valeur des maxima en allant vers le Nord peut trouver son origine dans un appauvrissement de la teneur en magnétites.

En allant du profil 7 au profil 1 nous observons une diminution de l'écart entre le maximum et le minimum, nous allons démontrer que la cause de cette diminution ne peut pas s'expliquer uniquement par une augmentation de l'épaisseur du recouvrement mais qu'il faut admettre une diminution du facteur *k* c'est-à-dire un appauvrissement en magnétite.

Au profil 7, la distance entre le maximum et le minimum est de 35 m. Si la couche a conservé sa puissance de 9,50 m nous pouvons déterminer la valeur de l'angle M et ainsi l'inclinaison de la couche.

En effet, nous savons que :

$$a)\ 2\sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 + \frac{c^2}{\sin^2(M - i)}} = 35$$

$$b)\ b\sin(180^\circ - M) = 9{,}5.$$

Si la tête de couche est recouverte de 1 m d'éluvium, valeur approximative confirmée par l'observation nous avons $c = 2$.

$$\operatorname{tg} i = \frac{\operatorname{tg} I}{\cos \delta}$$

$I = 66^\circ$ (environ pour la Belgique).

$\delta = 70^\circ$ (direction du profil)

donc :

$$i = 81^\circ$$

Nous avons donc :

$$\frac{9{,}5^2}{4\sin^2 M} + \frac{4}{\sin^2(M - 81^\circ)} = 306.$$

M étant très grand, l'angle $M - 81^\circ$ est proche de 90°, nous pouvons donc heureusement simplifier cette équation du quatrième degré et nous avons :

$$\frac{9{,}5^2}{4\sin^2 M} + 4 = 306$$

dans ces conditions $M = 164^\circ$, donc la couche à une inclinaison de 16° vers l'Est.

Au profil 6, où la distance entre le maximum et le minimum est de 40 m ; $M = 167^\circ$ donc la couche a une inclinaison de 13°. Au profil 5, où la distance entre le maximum et le minimum est de 50 m, $M = 169^\circ$, donc la couche à une inclinaison de 11°. Au profil 1 la distance entre le maximum et le minimum est de 30 m. Nous avons donc l'équation :

$$\frac{9{,}5^2}{4\sin^2 M} + \frac{c^2}{\sin^2(M - 81^\circ)} = \left(\frac{30}{2}\right)^2$$

L'épaisseur de l'éluvium c est donc fonction de l'angle M, soit de l'inclinaison de la couche.

Nous allons déterminer pour quelle valeur de M, l'épaisseur de l'éluvium est maximum et ensuite calculer l'épaisseur maximum possible de l'éluvium au profil 1.

Nous avons donc :

$$\frac{22{,}5}{\sin^2 M} + \frac{c^2}{\sin^2(M - 81^\circ)} = 225$$

$$c^2 = \sin^2(M - 81^\circ)\left[225 - \frac{22{,}5}{\sin^2 M}\right]$$

Pour trouver la valeur de M entraînant une valeur de c maximum il suffit de déterminer les racines de l'équation obtenue en annulant la dérivée première de cette fonction.

$$\frac{dc^2}{dM} = 2 \sin (M - 81^\circ) \cos (M - 81^\circ) \left[225 - \frac{22,5}{\sin^2 M}\right] + \sin^2 (M - 81^\circ) \frac{2.22,5 \cos M}{\sin^3 M}$$

soit
$$2 \cos (M - 81^\circ) \left[225 - \frac{22,5}{\sin^2 M}\right] + \sin (M - 81^\circ) \frac{45 \cos M}{\sin^3 M} = 0$$

$$6,31 \sin^4 M + \sin^3 M \cos M = 0,631$$

par approximations successives, on trouve

$$M = 32^\circ \text{ ou } 81^\circ \text{ ou } 144^\circ.$$

Comme nous savons que l'inclinaison de la couche est faible (voir profils 7, 6 et 5) nous avons $M = 144^\circ$.

Pour cette valeur de M nous avons $c = 11,24$ m.

Nous voyons donc que même si l'inclinaison de la couche passe de 11° à 36° en allant du profil 5 au profil 1, l'épaisseur de l'éluvium ne peut pas dépasser 10,24 m. Nous sommes donc loin des 50 mètres d'enfouissement déterminés par M. P. V. Duhoux à son profil 49*bis* (approximativement notre profil 1).

A la figure 9, nous avons tracé les courbes de variation du minimum et du maximum de $Z/2kT'$ en fonction de c pour une couche inclinant de 20°, l'angle i étant égal à 81°.

Si k reste constant, nous voyons :

Au profil 7, avec $c = 2$, l'écart maximum minimum étant égal à 759γ ;
nous avons $1,75 \times 2kT' = 759\gamma$.

Or, au profil 1, l'écart maximum-minimum étant égal à 253γ ou $0,59 \times 2kT'$.

Nous obtenons $c = 14,20$ m.

Or, nous avons vu que c ne pouvait pas dépasser 11,24 m, nous devons donc en conclure qu'il y a certainement une diminution de la susceptibilité magnétique k.

Mais il est évident que l'épaisseur du recouvrement sur la tête de couche doit être beaucoup plus faible car l'inclinaison de la couche doit être bien inférieure à 36°.

e) A l'Est de la faille transversale A.

A 30 m de distance le profil 81 a recoupé deux fois la couche, la première fois, la portion de couche située à l'Ouest de la faille, la seconde fois, celle située à l'Est de la faille A.

Celle-ci fut suivie vers l'Est par les profils 84 et 85 ce dernier indiquant un léger changement dans la direction de la couche mais le terrain étant encombré par une végétation infranchissable il ne nous a pas été possible de la suivre ; nous l'avons dessinée sur la carte géologique en tenant compte uniquement de l'allure des courbes d'anomalie négative et nous avons admis que les plateures N.60°E formaient au Nord un anticlinal à ennoyage vers l'Est, le dressant donnant une inclinaison un peu confuse dans le Nord du profil 81 mais ne passant certainement pas sous le profil 87. Nous avons encore là un point de passage de la faille transversale A.

La couche fut retrouvée le long de la route de Grand-Halleux à Mont-le-Soie (profil 183) et suivie vers l'Ouest par les profils 90 et 89 où elle donne des anomalies de 300 à 400γ.

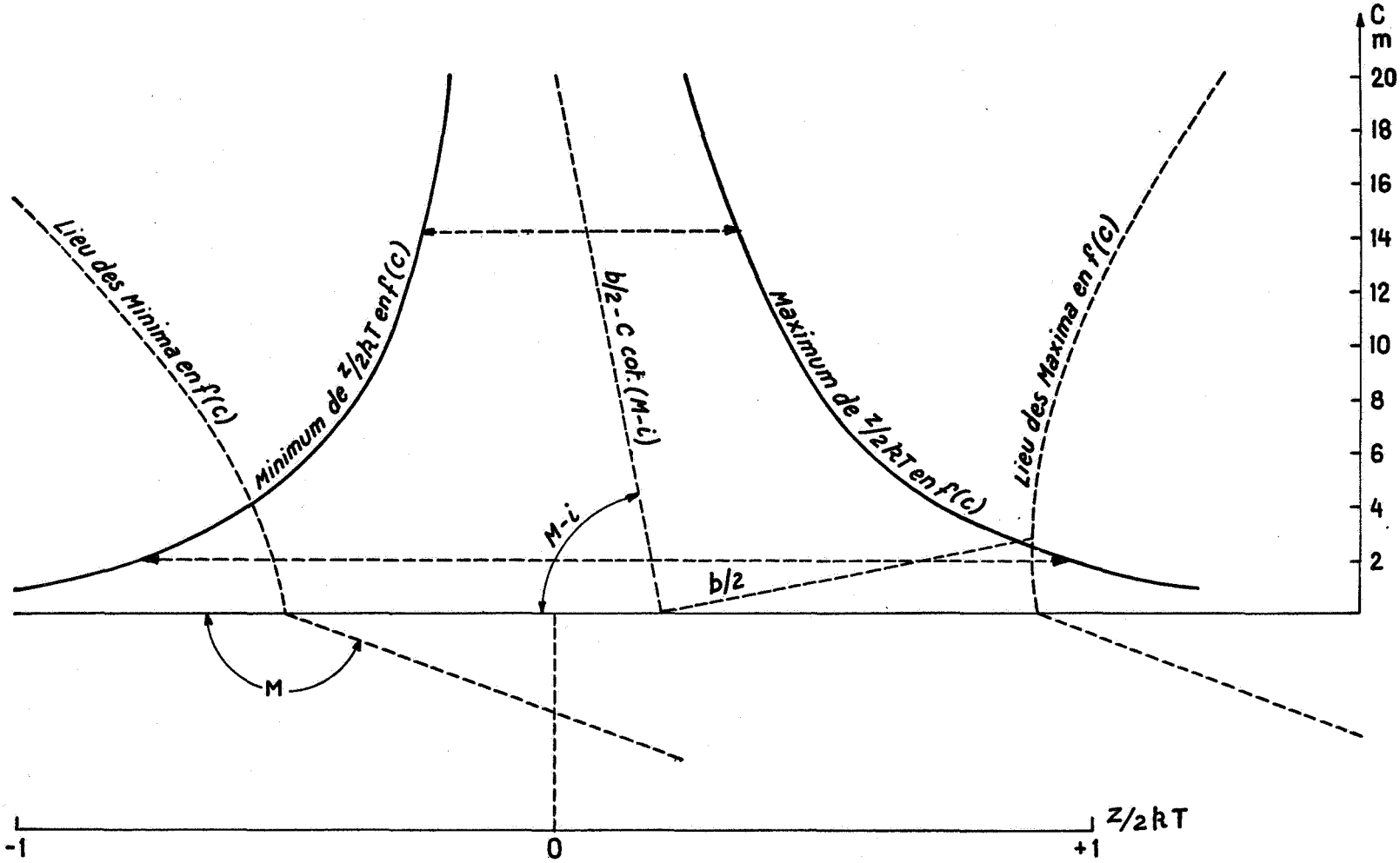


FIG. 9. — *En traits interrompus.* — Le lieu des maxima et des minima en fonction de C par rapport à l'aplomb des limites de la couche.
En trait continu. — Courbes de variations du maximum et du minimum de $Z/2kT'$ en fonction de C.
Pour $M = 160$; $i = 81°$ et $b = 28$ m.

Dans cette direction elle vient buter contre une faille, car le profil 87 est dénué d'anomalie, nous avons là un troisième point de passage de la faille transversale A de direction N.20°W, le massif est étant descendu par rapport au massif ouest.

Plus à l'Est, la couche de direction N.70°E a été suivie par les profils 185, 419, 420, 421, 186, 422, 451 et 450.

C. — La limite occidentale

Entre le profil 440, le dernier ayant recoupé la couche à magnétites en plateure formant la limite méridionale du massif et le profil 303, le premier ayant recoupé cette même couche en dressant et constituant la limite septentrionale, les profils exécutés dans cette région sont dénués d'anomalies.

Nous avons admis que le contact Revinien-Devillien se fait par une faille transversale, la faille N causant un effondrement de la partie ouest par rapport à la partie est.

Tous les profils Est-Ouest, passant du Devillien au Revinien montrent une augmentation lente mais régulière des valeurs de la composante verticale du champ magnétique terrestre qui passent de 43.075γ à 43.280γ.

Ces anomalies donnant des profils de faible gradient avec crêtes maxima larges et élevées se situent toujours sur les terrains reviniens et trouvent probablement leur origine dans les cristaux de sulfure de fer répartis dans les phyllades noirs du Revinien.

D. — La limite septentrionale dans le secteur nord-ouest

A l'Est de la faille transversale N, la couche a été repérée par le profil 303 et suivie vers l'Est par les profils 302, 301, 299, 298, 291, 292, 305 et 306.

Entre les profils 306 et 352, la couche est déplacée vers le Nord par la faille transversale J.

Entre les profils 352 et 308, la couche est de nouveau déplacée vers le Nord par la faille transversale I. Vers l'Est, elle a été tracée grâce aux profils 309, 376 et 353.

Entre les profils 353 et 342, nouveau déplacement de la couche, mais cette fois vers le Sud par suite de la faille transversale H, causant un effondrement de la partie est.

En nous dirigeant vers l'Est nous l'avons suivie grâce aux profils 342, 351 et 355 où e e vient buter contre la faille transversale G.

A l'Est de la faille G, nous avons retrouvé la couche dessinant un petit synclinal dont l'allure nous a été précisée par les profils 385, 445, 447, 370, 369 et 384.

E. — Conclusions

De l'étude de ces anomalies magnétiques nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

1° Le massif Devillien est découpé par 14 failles transversales dont les directions varient entre N.15°W et N.20°W. Cela nous permet de conclure que le massif Devillien de Grand-Halleux apparaît en surface en partie grâce à un horst délimité à l'Ouest par les failles d'effondrement J, K, L, M et N et à l'Est par les failles B et A.

2° La limite Sud du massif se complique par la présence d'une faille longitudinale à rejet inverse, la faille Lemaire dont l'importance du rejet est minime.

3° Si, nous basant sur des observations de terrain, nous traçons la limite Revinien-Devillien nous voyons qu'elle est partout parallèle à la trace de la couche à magnétites. Le Devillien constitue donc le substratum sédimentaire du Revinien et n'apparaît pas en surface grâce à une fenêtre tectonique.

§ 2. — EXPLICATION ET JUSTIFICATION DU TRACÉ DE LA COUCHE INFÉRIEURE A MAGNÉTITES

A. — L'anticlinal de « Le Lifa » — A l'Est de la faille transversale C

a) Le dressant du flanc nord.

La coupe de la vallée de la Salm, le long de la Grand-route, nous permet d'observer au km 105,253 une couche de phyllade vert à magnétites d'une puissance de 2,15 m.

Cette couche, considérée par tous les auteurs comme faisant partie d'un ensemble en dressant renversé, a une direction N.60°E et incline de 54° vers le SE.

Le profil 61, exécuté sur le bord de la route, montre, à 365 m de son origine un maximum de $+390\gamma$. Il se situe à l'aplomb de la limite sud de la couche à magnétites visible en affleurement.

Ce profil présente une apparence d'irrégularité ; en effet, le minimum se situe à un peu plus de 25 m au Nord du maximum principal et nous avons entre les deux un autre maximum !

Cette distance de 25 m entre le maximum et le minimum ne peut absolument pas s'expliquer par la seule couche en affleurement ayant seulement une puissance de 2,15 m, car nous savons que si la couverture est peu épaisse (dans notre cas C = 100 cm (hauteur du magnétomètre) et si l'angle M est grand (dans notre cas M = 125°) le maximum et le minimum des courbes d'anomalie verticale sont situés à l'aplomb des limites de la tête de couche.

Afin d'éliminer une influence latérale nous avons exécuté un profil supplémentaire situé au-dessus de l'affleurement et dirigé perpendiculairement aux bancs. Le maximum a été repéré à l'aplomb de la limite sud de la couche de 2,15 m, le minimum à 21,50 m plus au nord et entre les deux un second maximum (fig. 10).

Si la distance maximum-minimum est de 21,50 m nous savons que :

$$2\sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 + \frac{c^2}{\sin^2 (M - i)}} = 21{,}50 \text{ m}$$

Nous pouvons déterminer la valeur de b et ainsi l'épaisseur de la couche.

En effet :

$$c = 1 \quad \text{et} \quad M = 125^\circ$$

$$\operatorname{tg} i = \frac{\operatorname{tg} I}{\cos \delta}$$

$$I = 66^\circ \text{ (environ pour la Belgique).}$$

$$\delta = 32^\circ \text{ (direction du profil).}$$

$$\text{donc } i = 69^\circ$$

qui remplacés dans l'équation nous permet de déterminer que l'épaisseur de la couche doit être de 17,80 m.

Afin de vérifier cette épaisseur nous avons en dégageant le talus complété la coupe lithologique et établi la stampe suivante en allant du Sud au Nord.

Affleurement le long de la route (en mètre)		: quartzite vert.
	0,90	: phyllade vert
	4,40	: quartzite vert
	1,80	: phyllade vert
	1,50	: quartzite vert
	2,15	: phyllade vert à MAGNÉTITES
	2,20	: quartzite vert
	1,00	: phyllade gris-bleu
	0,40	: quartzite vert
Affleurement un peu en retrait	0,40	: phyllade bleu à MAGNÉTITES
	0,15	: quartzite vert
	3,40	: phyllade gris-bleu à bandes vertes. Au sommet : MAGNÉTITES
en dégageant le talus	4,50	: phyllade vert
	0,40	: quartzite vert
	3,40	: phyllade vert à MAGNÉTITES
	—	: quartzite.

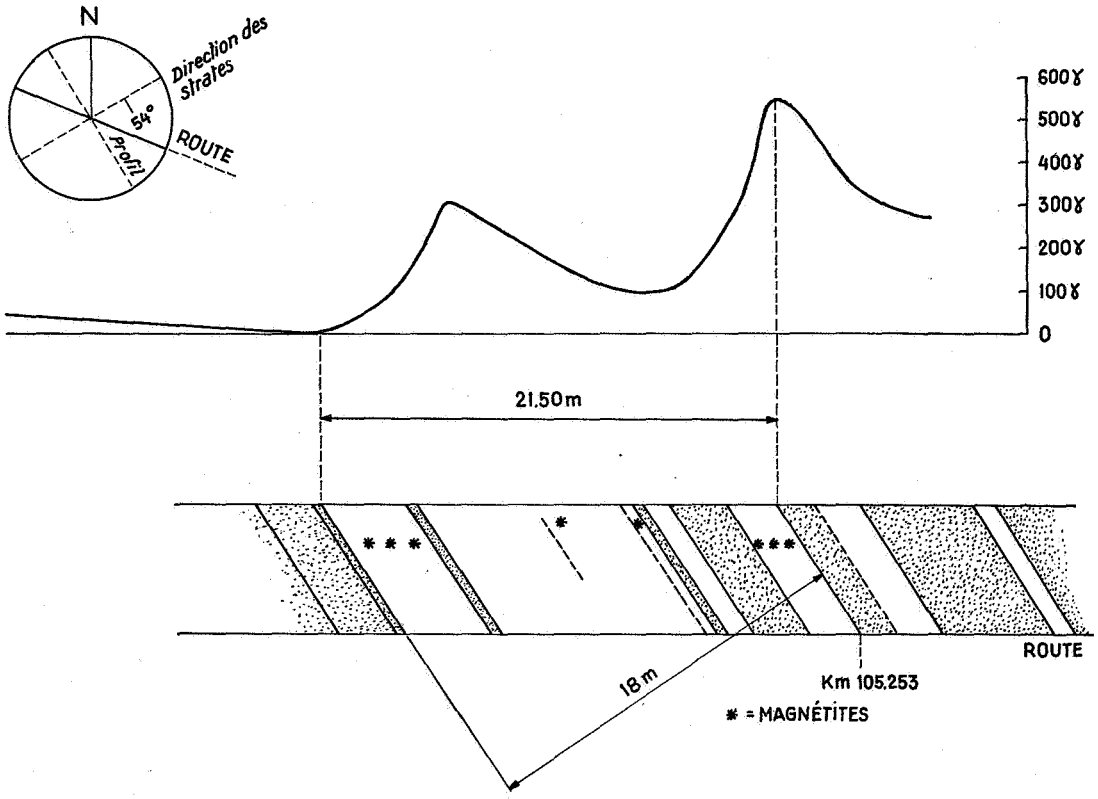


FIG. 10. — Profil magnétique et projection de la coupe de l'affleurement de la route au km 105,253.

L'anomalie observée le long de la route a pour origine de la magnétite répartie dans plusieurs bancs d'une stampe de 18 m d'épaisseur formée de phyllade vert ou gris-bleu avec bancs de quartzite pouvant atteindre 2,20 m d'épaisseur.

La méthode de calcul pour couche mince adoptée par M. P. V. Duhoux dans le massif de Grand-Halleux n'est donc pas d'application. Nous avons déjà vu que la couche supérieure à 9,50 m de puissance et maintenant nous voyons que la couche inférieure a 18 m de puissance.

Ces deux couches, considérées comme une seule par M. P. V. Duhoux, présentent des différences : la couche supérieure est formée exclusivement de 9,50 m de phyllade vert à magnétites tandis que l'inférieure, d'une puissance de 18 m est formée de phyllade vert ou gris-bleu avec niveaux à magnétites et bancs de quartzite.

Etablissons l'allure en surface de cette couche inférieure en nous dirigeant d'abord vers l'Ouest.

Elle fut successivement repérée par les profils 62, 68, 66, 72, 73 (à 400 m de son origine) et 76.

Les profils 77, 210 et 78 montrent que la couche est brusquement cisaillée entre les profils 76 et 77.

Cette disparition brusque de l'anomalie en ce point avait déjà été mise en évidence par M. P. V. Duhoux ([4], p. M. 139) qui l'a interprétée comme point de passage de la faille de Becharprez limitant une fenêtre tectonique laissant apparaître le substratum *Dv1*.

Nous la considérons plus simplement comme point de passage de la faille transversale C, en effet, contrairement à ce que dit M. P. V. Duhoux la couche, légèrement déplacée, se poursuit vers l'Ouest.

Abandonnons un instant la couche dans cette direction pour la suivre vers l'Est à partir du profil 61 de la route nationale.

De là, la couche a été tracée grâce aux profils 53, 54, 46 (à 280 m de son origine) et 45. Ensuite elle est déplacée par la faille transversale B et suivie vers l'Est par les profils 43, 42 et 31.

b) Terminaison orientale de l'Anticlinal de « Le Lifa ».

A l'Est du profil 31, exécuté le long d'un chemin forestier, nous abordons une région magnétiquement très compliquée qui a exigé un grand nombre de mesures. Sur cette surface, d'environ 13 hectares nous avons déterminé la composante verticale du champ magnétique en 424 points.

Au plan de la figure 11, nous avons repris les différents profils et tracé les crêtes de maximum des anomalies.

A l'Est du profil 31, le dressant est cisaillé par une faille, la faille de Traseny, et nous retrouvons la couche en plateure pied sud aux profils 39 et 34. Ensuite la couche dessine un synclinal à ennoyage vers l'Est qui fut repéré par les profils 34, 35, 39 et 22. Entre les profils 22 et 38, la couche est de nouveau cisaillée par une faille-pli dont nous retrouvons le flanc sud aux profils 15, 7, 16, 38 et 22. Cette plateure est légèrement déplacée par une faille inverse et nous retrouvons la couche plus à l'Est aux profils 17, 18, 19, 20, 21, 22 et 23.

Entre les profils 23 et 29, la couche est de nouveau interrompue par une faille que nous supposons être le prolongement occidental de la faille « Le Monti », qui est une faille longitudinale à inclinaison Nord et à rejet inverse.

Au Sud de cette plateure limitée par la faille « Le Monti » la couche dessine un petit anticlinal qui fut repéré par les profils 27, 25, 26, 28 et 31. La plateure pied sud de cet anticlinal est cisaillée par une nouvelle faille inverse.

c) La plateure du flanc sud de l'Anticlinal de « Le Lifa ».

Au Sud de cette faille inverse nous retrouvons la couche qui fut suivie par les profils 26, 27, 28, 31, 30, 32, 33, 42 et 43.

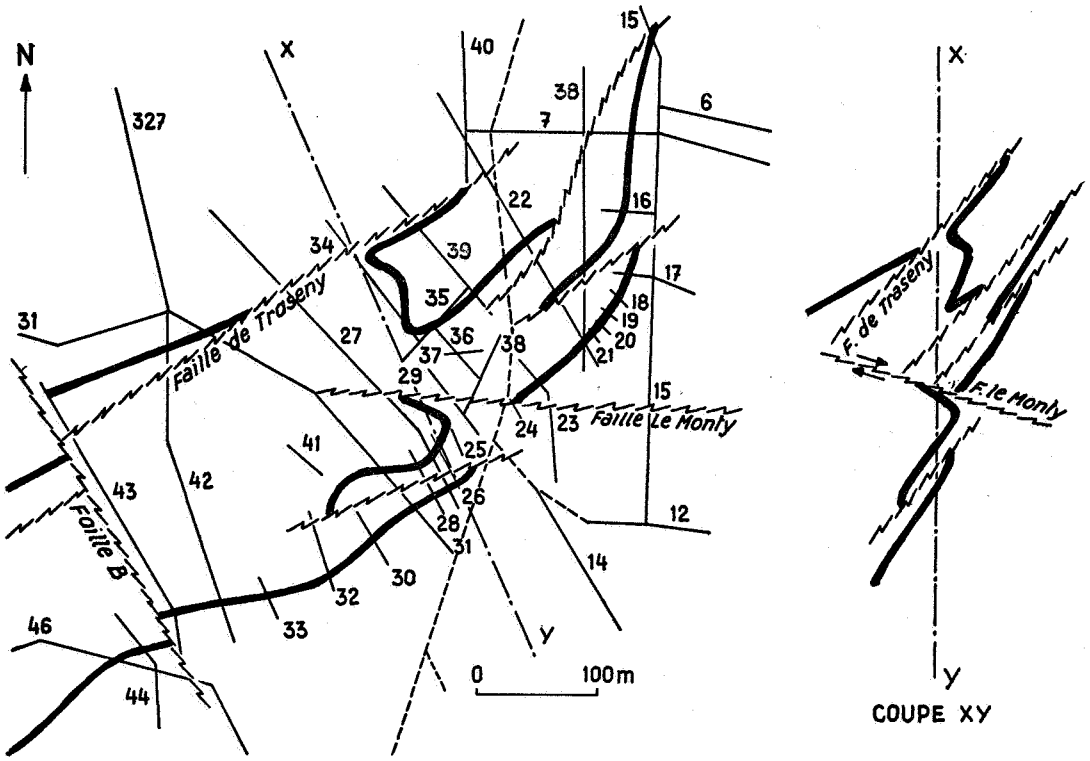


FIG. 11. — Etude de la terminaison orientale de l'anticlinal de « Le Lifa ».

Nous donnons à la figure 11, une coupe verticale XY montrant que l'anticlinal de « Le Lifa » est formé de trois petits anticlinaux et de deux petits synclinaux. Deux des plis anticlinaux sont cassés par des failles-plis auxquelles s'ajoutent deux failles inverses à pente sud et une

faille inverse à pente nord, la faille « Le Monti » qui affecte également la couche supérieure à magnétites.

Nous avons donné le nom de faille de Traseny à la faille la plus septentrionale.

A l'Ouest de la faille transversale B, la couche a été repérée par les profils 44, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52 et 61 sur la route nationale au km 104,985.

L'existence de l'anticlinal de « Le Lifa » et le tracé de la plateure pied sud vont nous permettre de tirer une conclusion importante quant à la position stratigraphique des « Quartzites de Hourt ».

d) La position stratigraphique des « Quartzites de Hourt ».

Depuis les travaux de DUMONT, DEWALQUE, FORIR et LOHEST, les quartzites de Hourt sont considérés comme constituant les couches les plus anciennes du Devillien et forment une assise le Devillien inférieur (*Dv1*).

Les quartzites de Hourt affleurent le long de la route nationale Vielsalm-Grand-Halleux depuis le km 104,980 jusqu'au km 104,200.

Cette interprétation rencontre pourtant de sérieuses difficultés.

1° Le Devillien supérieur de la vallée de la Salm montre, de part et d'autre du Devillien inférieur, une forte dissymétrie.

2° Si l'on fait une coupe EW, à hauteur du km 104,250 (fig. 12), on se rend rapidement compte que le Devillien supérieur à une épaisseur (35 m) qui ne correspond nullement à son

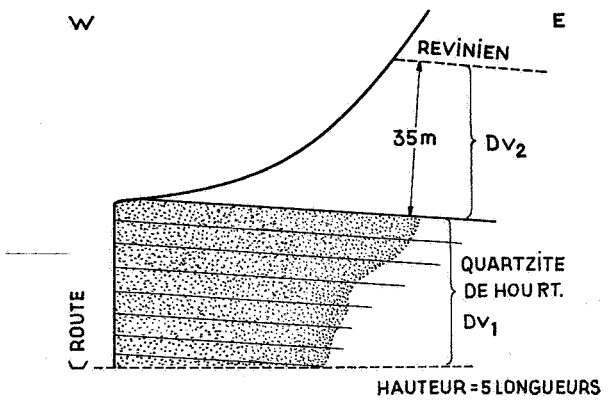


FIG. 12. — Coupe géologique EW à hauteur du km 104,250 de la route nationale.

épaisseur évaluée dans le Nord du massif (450 m). Pour expliquer cette anomalie M. F. CORIN a écrit [3], p. B 309 : « une faille passe certainement par là », mais elle ne figure sur aucune de ses cartes et son tracé est inconnu. M. P. V. DUHOUX a figuré une faille entre le Revinien et le Devillien mais nous avons démontré dans le paragraphe précédent que ce contact est parfaitement concordant au tracé de la couche supérieure à magnétites, donc que cette faille n'est nullement démontrée.

3° Pour situer les quartzites de Hourt à la base de la série il est nécessaire de démontrer l'allure en dôme de cette formation. Cette question a été maintes fois discutée et M. LOHEST et H. FORIR [12], après en avoir donné un aperçu historique très complet, admettent que le massif de quartzite de Hourt constitue un dôme. Si l'allure en plateure de ces quartzites est

certaine pour tous les observateurs, le problème de la retombée en dressant est bien plus délicate, en effet, le joint phylladeux qui a permis à M. Lohest et H. Forir de déterminer localement une allure en dressant à une direction Nord-Sud et une pente vers l'Est. C'est-à-dire que cette allure en dôme est localement démontrée dans le sens Est-Ouest et non dans le sens Sud-Nord. C'est donc un dôme dans le sens de l'ennoyage mais pas un anticlinal.

A toutes ces données, vient s'ajouter une nouvelle : la présence de la couche à magnétites le long de la grand-route au km 104,985.

Les couches à magnétites recoupées par la grand-route au km 105,253 et au km 104,985 (fig. 13) constituent les deux flancs d'un anticlinal à ennoyage vers l'Est dont l'allure est parfaitement déterminée par la carte magnétique.

Il est évident que la couche à magnétites en plateure pied sud s'enfonce sous les quartzites de Hourt inclinant au Sud.

Si nous continuons la coupe vers le SE (fig. 13), nous voyons que les quartzites de Hourt sont compris entre les deux couches à magnétites inclinant au Sud.

Comme nous ne retrouvons pas ce facies dans la partie septentrionale du massif de Grand-Halleux nous en arrivons tout naturellement à l'importante conclusion suivante :

Les quartzites de Hourt ne constituent pas les couches les plus anciennes du Devillien, mais un facies local se situant vers le sommet de l'étage.

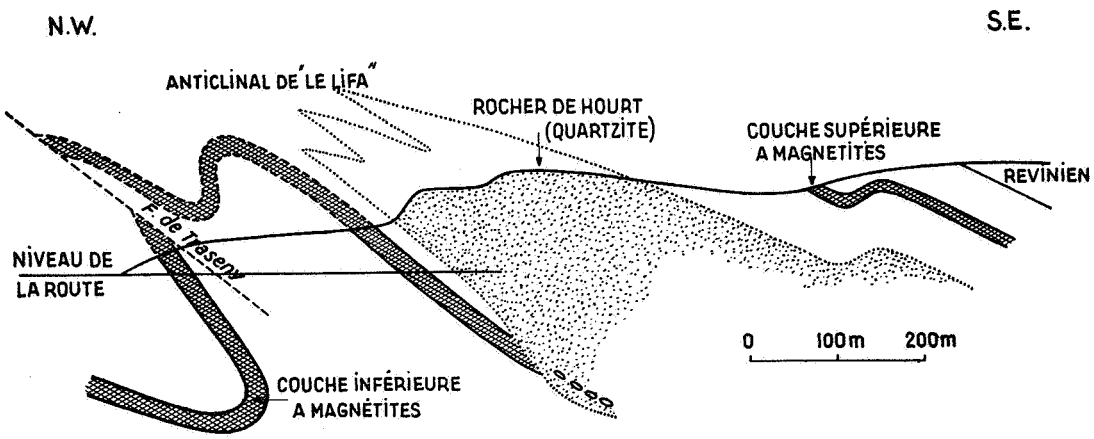


Fig. 13. — Coupe géologique NW-SE passant par les rochers de Hourt.

Au point de vue structural, les quartzites de Hourt ne forment pas un anticlinal mais une grande lentille comprise entre deux couches à magnétites en plateure pied sud (fig. 13).

e) La plateure du flanc sud de l'anticlinal de « Le Lifa » sur la rive gauche de la Salm.

A partir du profil 61, nous avons suivi cette plateure du flanc sud sur la rive gauche de la Salm, par les profils 63, 64 et 65. A l'Ouest du chemin de fer, au profil 66, nous ne retrouvons plus trace de la couche, ce qui est normal car dans son prolongement nous observons les quartzites de Hourt affleurant dans le talus de la voie ferrée.

Pour expliquer cette rupture brusque de la couche, il y a trois solutions possibles :

1° une faille transversale. Nous avons rejeté cette solution parce que le flanc nord de l'anticlinal de « Le Lifa » n'est pas affecté par un tel accident.

2° une faille longitudinale qui peut être :

a) A inclinaison Nord avec un rejet inverse. Avec cette inclinaison nous devrions la retrouver dans les rochers de Hourt, ce qui ne semble pas être le cas.

b) A inclinaison Sud avec un rejet normal. C'est possible mais nous devrions la retrouver dans le tracé de la couche supérieure à magnétites.

3° Nous avons préféré une troisième solution :

Les quartzites de Hourt sont assez grossiers et très mal classés et nous avons considéré que vers le Sud ils ravinent le niveau de phyllade à magnétites. Nous nous trouvons en présence d'un wash-out de la couche propice à la formation de magnétites qui est localement remplacée par un sédiment grossier, les « quartzites de Hourt ». A proximité de la bordure du wash-out, dans le talus Ouest de la tranchée du chemin de fer au km 62,890 nous avons observé un banc de poudingue dont les cailloux bien roulés atteignent 5 à 6 cm de grand axe. Cette troisième solution par ravinement est figurée dans la coupe NW-SE de la figure 13.

f) Conclusions.

L'allure géométrique de l'anticlinal de « Le Lifa » nettement définie par la carte magnétique nous met en contradiction avec M. P. V. Duhoux, qui ne trouve dans cette région qu'un dressant compliqué d'un petit pli secondaire. A la figure 14 nous donnons les deux solutions présentées.

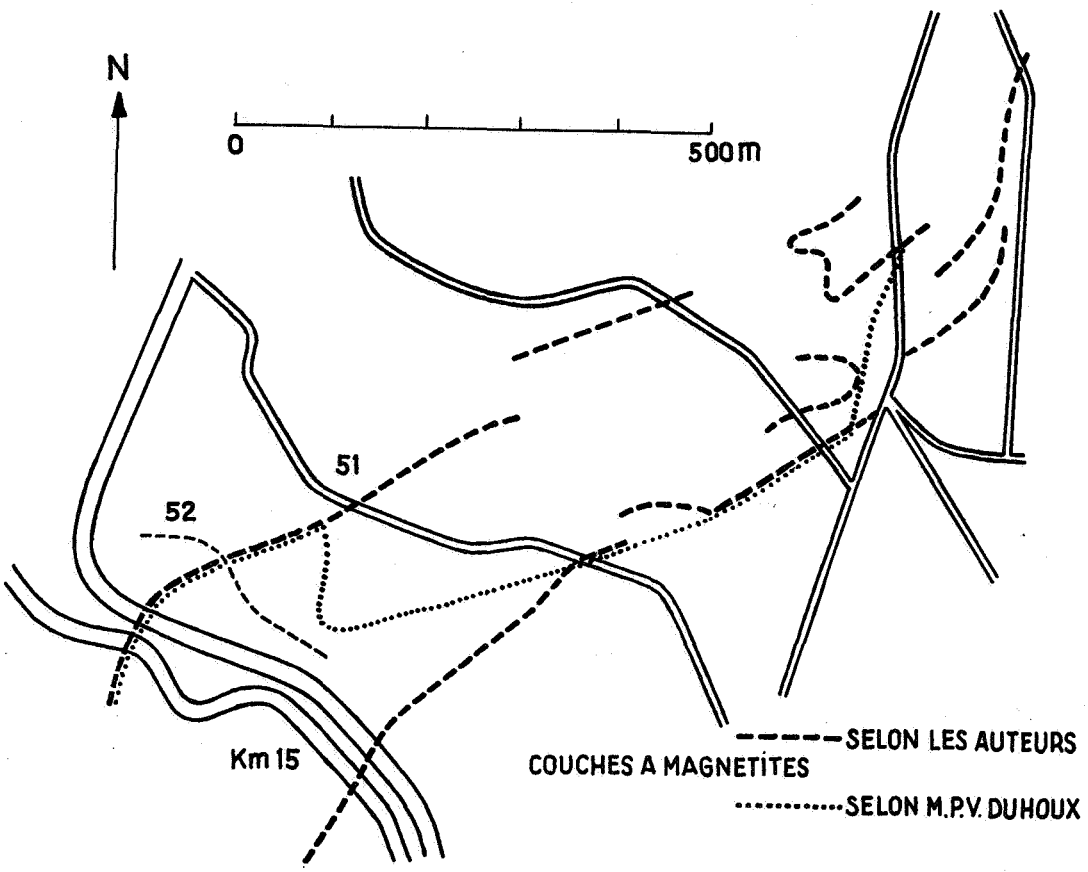


Fig. 14. — Comparaison avec le travail de M. P. V. Duhoux [4].

Avant de critiquer, encore une fois ce travail, nous nous plaisons à signaler que cette œuvre d'un pionnier nous a grandement facilité la tâche.

Ce travail, bien écrit et vraiment agréable à lire contient des solutions théoriques qui font honneur à son auteur. Mais il eut été préférable qu'il fasse plus de profils et moins d'analyse mathématique car bien souvent il s'est laissé bercer dans l'illusion des chiffres et des formules dont l'application aux Sciences Naturelles restent du domaine de l' « ordre de grandeur ».

C'est par manque de profils que M. P. V. Duhoux est passé des plateures du flanc sud de l'anticlinal aux dressants du flanc nord. Il a cru démontré ce passage par une structure en chaise déduite d'une analyse mathématique de ses profils 51 et 52. Or, nous avons vu que toutes ses conclusions mathématiques sont entachées d'une erreur sur l'épaisseur de la couche qu'il a considéré être de 2,50 m alors que le long de la grand-route la magnétite est répartie sur une stampe de 18 m.

D'autre part, M. P. V. Duhoux a éliminé des anomalies qu'il considérait comme accidentelles en admettant qu'à la base de l'éluvium il subsiste de la magnétite provenant de la désagrégation *in situ* de la tête de couche, avec, néanmoins, une petite traînée de magnétite vers l'aval.

B. — L'anticlinal de « Le Lifa » — A l'Ouest de la faille transversale C

a) Entre les failles transversales C et G.

Comme nous l'avons écrit le dressant de l'anticlinal de « Le Lifa » est brusquement cisaillé entre les profils 76 et 77. Nous avons là un point de passage de la faille transversale C.

Afin de retrouver la couche à l'Ouest de cette faille nous avons exécuté le profil 78 qui n'a donné aucune anomalie pouvant faire croire au passage de la couche, pourtant à 555 m au Sud de son origine nous avons relevé une petite anomalie d'environ 50γ dont nous avons cherché l'explication en exécutant des profils à l'Ouest et à l'Est du 78.

A l'Est, les profils 223, 215, 214, 216, 219 et 218 nous ont donné des anomalies de $+200\gamma$ indiquant la présence d'un tronçon de couche entre le profil 78 et le profil 218.

Entre les profils 218 et 217 la couche est cisaillée par une faille, nous avons là un nouveau point de passage de la faille transversale C.

La faille transversale E cisaille la couche entre les profils 223 et 78.

La couche ainsi repérée a une inclinaison sud et plonge sous les quartzites blancs formant les « Petites Roches ». Elle constitue le flanc sud de l'anticlinal de « Le Lifa » dont le flanc nord n'apparaît pas en surface par suite de la faille dont l'existence nous a été démontrée par l'étude détaillée de la terminaison est de l'anticlinal (faille de Traseny).

Dans le graben délimité par les failles E et F, la couche à magnétites dessinant l'anticlinal se trouve sous la surface topographique ; en effet, les profils 221, 220, 233 et 235 ne montrent aucune anomalie digne d'intérêt.

A l'Ouest de la faille transversale F nous avons situé la couche grâce aux profils 232, 231, 230, 229. L'allure symétrique de chacune des courbes d'anomalie nous permet d'inférer que la couche est proche de la verticale, nous avons donc le flanc nord en dressant de l'anticlinal de Le Lifa. Au flanc sud, le facies quartzique a raviné le facies argileux de la couche à magnétites comme nous l'avons vu à l'Est de la faille transversale C.

b) A l'Ouest de la faille transversale G.

A l'Ouest de la faille transversale G les profils 228, 199, 198, 227, 199, 228, 236, 237 et 238 nous montrent que la couche dessine un synclinal à ennoyage ouest dont la plateure nord est recoupée par une faille longitudinale située entre les profils 228 et 236.

Cette faille inverse nous la suivons depuis l'extrémité orientale de l'anticlinal de « Le Lifa » (voir coupe fig. 11 et fig. 15). C'est la faille de Traseny.

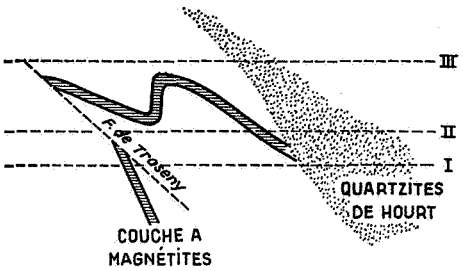


FIG. 15. — Schéma de l'anticlinal de Le Lifa dans les différents compartiments délimités par des failles.

I : à l'Est de la faille transversale C.
II : entre les failles transversales C et E.
III : entre les failles transversales E et F.
I : à l'Ouest de la faille transversale F.

Le profil 240 montre que le flanc sud de ce synclinal est déplacé par une faille transversale (faille H) et puis nous suivons ce dressant vers l'Ouest grâce aux profils 240, 243, 244, 193 et 245.

Entre les profils 245 et 253, la couche vient buter contre une faille transversale (faille I).

Vers le Sud, la couche dessine un anticlinal à ennoyage Ouest car nous la retrouvons en plateure aux profils 254, 251, 207 et 247.

Cette plateure, déplacée par la faille H, est prolongée vers l'Est par les profils 211, 252 et 197 qui nous montrent ainsi que le profil 206 que la couche dessine un pli synclinal dont le dressant du flanc sud a été repéré grâce aux profils 197, 255, 249 et 211.

Ce dressant déplacé par la faille H est suivi par les profils 170, 247 et 171. Par suite de l'ennoyage vers l'Ouest, nous passons de ce dressant à la plateure pied sud par les profils 247, 248 et 172.

Plus à l'Est cette couche en plateure n'a pas été repérée, nous arrivons en effet dans les quartzites de Hourt. Ce facies quartzitique a raviné le facies argileux, le seul propice à la formation de magnétite.

A l'Ouest de la faille transversale I, la couche à magnétites n'atteint pas la surface mais l'anticlinal ne doit pas être à grande profondeur car les profils 168, 266, 272 et 246 nous permet de délimiter une région de $+100\gamma$ dessinant l'allure en profondeur de l'anticlinal en ennoyage Ouest.

C. — L'anticlinal de Becharprez

Le long du profil 73, à 210 m au Nord de la couche à magnétites en dressant constituant le flanc nord de l'anticlinal de Le Lifa, nous retrouvons le niveau magnétitifère en plateure pied sud.

Suivie d'abord vers l'ouest par le profil 74, nous voyons que les plateures viennent rapidement buter contre une faille, en effet les profils 75 et 78 ne donnent aucune anomalie.

Vers l'Est la couche est suivie par les profils 71, 70, 66, 79 et 61. Ce dernier recoupant la couche deux fois nous permet de déceler une allure anticlinale précisée par le profil 69 montrant la trace de la couche prendre une direction subméridienne. Plus au Nord, elle est suivie par les profils 67, 392 et 391.

Ces trois derniers profils ainsi que le 61 révèlent l'existence à environ 25 m au-dessus de la couche inférieure à magnétites, d'une troisième couche que nous appellerons « l'intermédiaire ». Celle-ci n'existe pas plus au Sud.

A partir du profil 391, les deux couches sont suivies par le profil 362. L'agglomération de Hourt, où s'accumulent les anomalies accidentelles, nous a empêché de suivre exactement le tracé des deux couches vers l'Est mais nous les retrouvons au profil 364. Nous supposons que le décalage des couches vers le Nord est dû à la faille transversale B. A l'Est de la faille B, les couches ont été suivies par les profils 364, 329, 327, 323, 320 et 321.

Au Nord du profil 320, les deux couches sont cisaillées par une faille longitudinale que nous appellerons la faille de Hourt.

En résumé depuis le profil 74 jusqu'au profil 320 nous avons suivi d'Ouest en Est, la couche inférieure à magnétites et du 67 au 320, la couche intermédiaire à magnétites.

Cet ensemble forme une grande plateure légèrement ondulée qui aussi bien à l'Est qu'à l'Ouest est limitée par la faille longitudinale de Hourt.

Au Nord de la faille de Hourt, les deux couches ont été suivies d'Est en Ouest par les profils 73, 412, 402, 391, 162, 393, 394, 395, 163, 398 et à l'Est de la faille transversale B par les profils 406, 407, 366, 319, 408, 410, 411, 317 et 319. La couche inférieure vient buter contre la faille de Hourt entre les profils 319 et 365.

L'anticlinal de Bécharprez ainsi dessiné avec son allure périantinclinale a son flanc Sud légèrement déplacé vers le Nord par la faille de Hourt.

Dans la région comprise entre Hourt, Bécharprez et Farnière, nous retrouvons quatre petites zones de plus de 100γ qui peuvent éventuellement s'expliquer par la couche à magnétites qui se rapprocherait de la surface à la faveur de l'anticlinal de Bécharprez.

A l'Ouest du hameau de ce nom, nous avons une anomalie plus marquée de plus de 200γ, mais elle pourrait bien être accidentelle.

D. — Conclusions

La couche inférieure à magnétites dessinent donc deux brachi-anticlinaux, au Sud, celui de Le Lifa, au Nord celui de Bécharprez.

Dans la région de Grand-Halleux, la magnétite ne s'observe que dans les niveaux de phyllade fin vert montrant autour des cristaux des auréoles d'étirement qui sont des vides produits par arrachement avec remplissage ultérieur de quartz et de chlorite.

Ces auréoles de forme elliptique ont leur grand axe dirigé suivant le longrain résultant du clivage schisteux.

Au Sud de l'anticlinal de Le Lifa nous avons démontré l'existence d'une grande lentille de quartzite blanc ravinant même par endroit la couche inférieur à magnétites. Ces quartzites sont grossiers et très mal classés, ils passent même localement à du poudingue. Ce sont les quartzites de Hourt révélant l'existence d'une zone de haut-fond dans le bassin de sédimentation.

CHAPITRE VIII

ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE GÉOLOGIQUE ET CONCLUSIONS D'ENSEMBLE

§ 1. — ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE GÉOLOGIQUE

L'interprétation de la carte magnétique nous a permis de donner la trace en surface de deux couches à magnétites.

Ces couches à magnétites ont-elles une valeur stratigraphique ?

MM. I. de Magnée et J. Raynaud [13] écrivent à ce propos : « Nous avons donc d'excellentes raisons de croire à la constance de niveau de la magnétite, quelle que soit la cause de ce phénomène, lié sans doute à la composition chimique des différentes couches ou assises ». « De plus, il est évident que l'apparition de la magnétite est liée à un facies lithologique déterminé et ne peut avoir plus de valeur stratigraphique que la nature lithologique d'une couche ou assise ».

Mais dans notre Cambrien, l'absence de fossile sous le premier niveau à *Dictyonema flabelliforme*, nous oblige à faire de la stratigraphie basée uniquement sur les facies lithologiques dont faute de mieux nous pouvons admettre que ces niveaux de phyllade à magnétites ont une valeur stratigraphique.

Notre échelle stratigraphique s'établira donc comme suit :

Revinien : Phyllades et quartzites noirs avec à la base les phyllades à crayons d'Ennal.

Devillien *Dn2b* : Phyllades zonaires ou rubanés avec quartzites verts.

Dn2a : Au sommet, UN NIVEAU DE 9,50 M DE PHYLLADE VERT A MAGNÉTITES.

Quartzites verts et quartzophyllades verts avec niveaux de phyllades chargés de grains clastiques.

Localement, quartzite blanc de Hourt.

Dn1 : Au sommet, UN NIVEAU DE 18 M DE PHYLLADE VERT, avec bancs à magnétites et barres de quartzites ; niveaux de phyllades gris violacés.

Quartzites et quartzophyllades verts.

Cette suite stratigraphique dont les limites sont fixées par les niveaux de phyllades à magnétites nous a permis de dresser la carte géologique de la planche III.

A cette carte nous avons joint une coupe EW donnant schématiquement le rejet vertical des failles transversales et une coupe approximativement NS donnant l'allure des terrains.

§ 2. — OBSERVATIONS DANS LA PARTIE SEPTENTRIONALE DU MASSIF DE GRAND-HALLEUX

Dans la partie septentrionale du massif de Grand-Halleux nous avons fait une série de profils afin de repérer les couches à magnétites connues dans la partie méridionale.

Couche supérieure. — A l'extrémité nord du massif nous avons repéré la couche supérieure à magnétites dans la vallée de la Salm à proximité de la limite Devillien-Revinien.

Nous avons eu pourtant des difficultés de suivre cette couche vers l'Est et vers l'Ouest les crêtes d'anomalies étant assez confuses. Les couches étant en dressant renversé les valeurs anormales de Z dues aux roches reviniennes et à la couche à magnétites se confondent facilement.

En effet, le Revinien cause une anomalie bien marquée mais de faible gradient et la couche à magnétites en allure redressée donne une courbe d'anomalie symétrique dont le maximum, déjà faible dans la vallée, diminue rapidement dès que l'épaisseur de l'éluvium augmente et il y a confusion entre les valeurs sur Revinien et la crête d'anomalie de la couche.

Dans la région Nord-Ouest du massif, des profils partant du Devillien et se dirigeant vers le Revinien ont fourni une suite de faibles anomalies qui nous ont permis de tracer hypothétiquement la couche supérieure à magnétites dans cette région (fig. 16).

Couche inférieure. — Directement au Nord de Grand-Halleux, neuf profils SN nous ont permis de situer l'emplacement d'anomalies magnétiques suffisantes pour nous permettre de tracer sur un peu plus de 1 km la couche inférieure à magnétites dont l'allure en plateure pied sud peut se vérifier sur les affleurements dans la vallée de la Salm.

A 800 m au Nord, dans la tranchée de la route au km 108,05, affleure une couche à magnétites inclinant de 65° vers le Sud.

Par l'étude détaillée des coupes visibles dans le massif de Grand-Halleux M. F. Corin [2] a démontré que la couche à magnétites affleurant sur la route au km 108,05 est la même que celle du km 105,25, donc la couche inférieure que nous avons suivie sur environ 400 m.

Notons que dans la tranchée du chemin de fer au Sud de Rojlinval on peut observer au niveau du rail le sommet de la couche inférieure à magnétites dessinant une petite voûte anticlinale.

La carte magnétique ainsi que les profils dans la partie septentrionale du massif nous donnent les éléments suffisants pour tracer une coupe NS à travers le massif (fig. 17).

En allant du S vers le N nous avons un grand anticlinal complexe composé des anticlinaux de Le Lifa et de Bécharprez. A hauteur du village de Grand-Halleux nous avons un grand synclinal, celui de Mont suivi au Nord par un anticlinal, celui de Tigeonville.

§ 3. — COMPARAISON AVEC LA CARTE GÉOLOGIQUE DE M. F. CORIN [2]

Pour tracer sa carte géologique, M. F. Corin a attaché beaucoup d'importance à un complexe de grès rose à oligiste qu'il considère comme caractéristique de la base de son Devillien supérieur, le *Dv2a*.

Cette roche a été l'objet de multiples discussions lors de la Session Extraordinaire de 1927.

Les plus beaux affleurements de ces roches sont observés uniquement sur les replats des hameaux de Mont, Farnières et Ennal où l'on peut observer que même les phyllades prennent une teinte rouge. Nous considérons cette roche comme un facies d'altération, elle n'a dès lors aucune valeur stratigraphique.

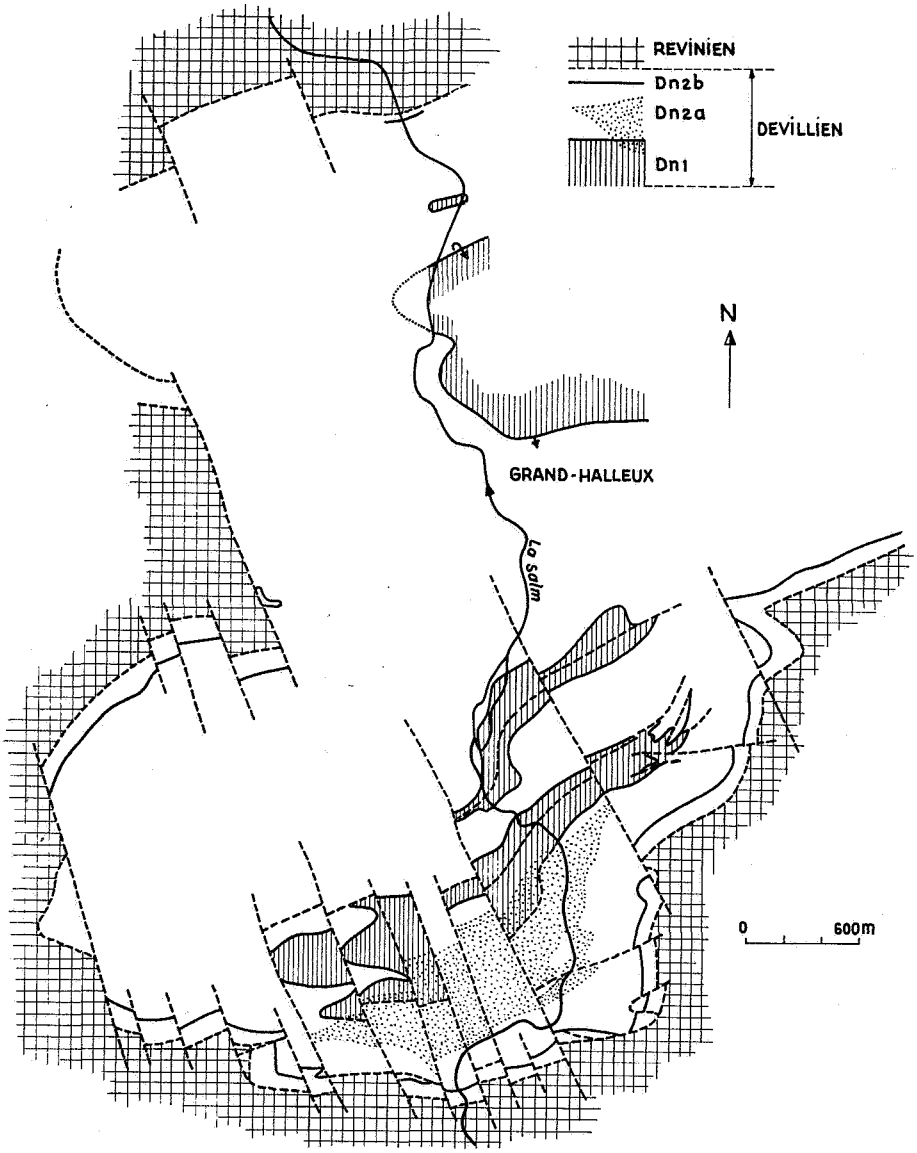


FIG. 16. — Croquis géologique d'ensemble du massif de Grand-Halleux.

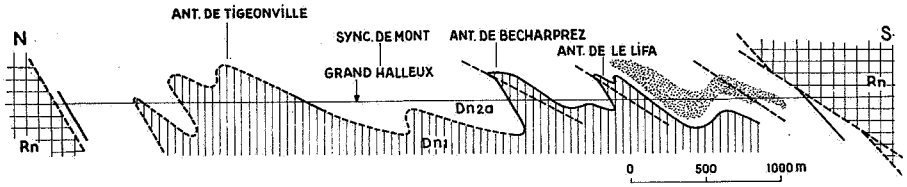


FIG. 17. — Coupe géologique NS à travers le massif de Grand-Halleux.

CHAPITRE IX

ANNEXE — VALEURS DES 8.157 STATIONS LE LONG DES 462 PROFILS

Les différents profils avec leur numéro sont situés sur la planche II hors texte et le tracé des profils est également repris sur la carte magnétique (planche I hors texte).

Pour chaque profil nous donnons dans cette annexe :

1° son numéro ;

2° le sens d'exécution du profil ;

3° dans une première colonne, la distance entre chaque station et l'origine du profil ;

4° dans une deuxième colonne, la valeur de la composante verticale du champ magnétique terrestre (Z).

Les valeurs de la composante verticale du champ magnétique terrestre ne sont pas données en valeurs absolues mais en valeurs négatives et positives par rapport à un zéro arbitraire. Le zéro équivaut en valeurs absolues à 43.000γ.

1 W→E		**2** W→E		**4** W→E		**6** W→E									
								230	—21	370	+153	200	+29	440	+563
								235	—21	380	+129	210	+34	445	+566
0	—19	0	+184	0	+26	0	+41	240	—22			220	+19	450	+388
10	—17	5	+242	5	+207	10	+98	245	—47	**7** W→E		230	+4	460	+248
20	—18	10	+249	10	+323	20	+83	250	—81			240	+30		
25	—18	15	+171	15	+410	30	—5	255	—160	0	—36	250	+21	**8** W→E	
30	—37	20	+137	20	+473	40	+71	260	—126	10	—33	260	+17		
35	—32	25	+86	25	+253	50	+83	265	+14	20	—14	270	+16	0	+28
40	—55			30	+213	60	+52	270	+215	35	—19	280	+15	20	—72
45	—48	**3** W→E		35	+160	70	+71	275	+323	55	—25	290	0	40	—157
50	—80					80	+54	280	+392	75	—21	300	—7	50	+6
55	—82	0	—40	**5** W→E		90	+74	285	+458	95	—18	310	—19	55	+106
60	—53	10	—2			100	+50	290	+570	105	—17	320	—11	60	+161
65	+21	15	+193	0	—147	110	+37	295	+582	115	—38	330	—32	65	+107
70	+145	20	+155	10	—150	120	+57	300	+461	120	+8	340	—35	70	—8
75	+162	27	+265	20	+49	130	+46	305	+351	125	+200	350	—38	75	+8
80	+171	34	+162	30	+294	140	+46	310	+291	135	+60	360	—74	80	+125
85	+143	41	+102	40	+438	150	+32	315	+246	140	+95	370	—96	85	+242
90	+137	47	+101	50	+447	160	+35	320	+229	150	+73	380	—64	90	+378
95	+112			55	+487	170	+22	325	+188	160	+44	390	—113	95	+485
100	+136			60	+518	180	+34	330	+180	165	+40	400	—165	100	+483
105	+160			65	+393	190	+22	335	+183	170	+144	410	—193	105	+327
				75	+315	200	+9	340	+181	175	+41	420	+160	110	+249
				85	+170	210	—6	350	+173	180	+21	430	+379	120	+208
						220	—8	360	+146	190	+30	435	+451	130	+191

N. B. — Les valeurs sont rapportées à juin 1955. Pendant ce mois la valeur moyenne de Z à Manhay est de 43.075γ.

9 W→E

0	+46
5	+191
10	+363
15	+380
20	+394
25	+303
30	+319
35	+398
40	+496
45	+542
50	+427

10 W→E

0	+12
15	—5
30	—38
45	—83
65	—184
75	—231
85	—82
95	+59
105	+409
115	+351
125	+467
130	+479
132	+501
137	+502
142	+387
147	+297
160	+210

11 W→E

0	—23
20	—45
30	—103
40	—164
50	—141
60	+142
70	+280
80	+445
85	+556
90	+595
100	+444
110	+327
120	+290
130	+238
140	+226

12 W→E

0	—16
10	+11
20	+11
30	+37
40	+8
50	+22
60	+6
70	+16
85	+2
100	—1
115	—2
130	—14
145	—42
160	—61
175	—145
190	—282
200	+33
205	+243
210	+425
215	+557
220	+623
225	+581
230	+383
235	+297
245	+233
255	+194
265	+167
285	+162
305	+152

13 N→S

0	+6
10	+300
15	+413
20	+376
25	+370
30	+356
40	+264
60	+264
80	+229

14 N→S

0	+40
10	+34
20	+59
30	+11
40	+17
50	+15
60	+3
70	—12
80	—21
90	—21
100	—11
110	—25
120	—52
130	—98
140	—92
150	—95
160	—136
170	—163
180	—241
190	—124
200	+178
205	+223
210	+425
215	+431
220	+315
230	+234
240	+244
250	+183
265	+246
280	+172
295	+233
310	+244
325	+289
340	+238

15 N→S

0	—16
10	—24
20	—24
30	—7
40	—5
50	—8
60	—9
70	—17
80	—7
90	—14
100	—9
110	—23
120	—33
130	—40
140	+1
145	+57
150	+30
155	+23
160	+11
175	+15
190	+15
205	+41
215	+29
225	+71
235	+52
245	+49
255	+48
265	+48
275	+52
285	+49
290	+69
295	+54
305	+37
320	+54
340	+79
360	+94
370	+107
380	+115
390	+123
400	+147
410	+155
420	+125
435	+103
440	+70
460	+45
480	+20
500	—1
520	—7
540	+2

16 W→E

0	+38
10	+37
20	+207
30	+136
40	+69

17 W→E

0	+133
5	+50
10	+171
15	+200
20	+201
25	+142
30	+101
35	+79
45	+69
55	+78
65	+74
75	+61
85	+64

18 NW→SE

0	+123
10	+112
20	+221
30	+278
40	+268
50	+171

19 NW→SE

0	+276
5	+354

20 NW→SE

0	+364
5	+286
10	+276

21 NW→SE

0	+440
10	+463
20	+286
30	+354
45	+171

22 NW-SE

0	—60
10	—60
20	—67
30	—73
40	—17
50	—16
60	—3
70	—63
80	—105
90	—127
100	—163
105	—63
110	—9
115	—6
120	—40
130	+7
140	+73
150	+22
160	—42
170	—4
180	+68
190	+46
200	+17
210	+66
220	+293
230	+450
233	+440
235	+446
240	+318
245	+281

23 N→S

0	+117
10	+249
15	+346
20	+415
25	+481
30	+570
35	+490
40	+370
50	+222
60	+137
70	+72
80	+69
90	+32
100	+40
110	+13

24 N→S

0	+343
5	+339
10	+212

25 S→N

0	+143
5	+137
10	+233
15	+277
20	+283
25	+217

26 S→N

0	+186
5	+253
10	+262
15	+224
20	+217
25	+239
30	+289
35	+315
40	+324
45	+331
50	+276

27 S→N

0	+93
5	+141
10	+198
15	+300
20	+266
25	+181
30	+207
35	+277
40	+513
45	+339
50	+287
70	+87
75	+91
80	+112
85	+164
90	+166
95	+206
100	+256
105	+226
115	+52
125	—39
135	+4
145	+4
155	—34
165	—15
175	—31
185	—45
195	—49
205	—39
215	—22
225	+22
230	+48
235	+21
240	—12
245	0
255	—47
265	—11
275	+17
285	—7

28 S→N

0	+107
5	+134
10	+197
15	+321
20	+407
25	+181
30	+72
35	+178
40	+283
45	+297
50	+236

29 S→N

0	—11
5	+10
10	+46
15	+76
25	+100
35	+88
45	+193
50	+202
55	+107
60	+48
65	+28

30 S→N

0	+223
10	+332
20	+352
25	+453
30	+428
35	+426
40	+399
45	+286
50	+266
55	+286
60	+196
65	+283
75	+248

31 S→N

0	+31
30	+161
35	+187
40	+185
45	+226
55	+327
60	+425
65	+314
70	+226
75	+205
80	+208
85	+204
90	+225
95	+280
100	+407
105	+428
110	+128
115	+67
120	+67
130	+88
140	+80
150	+94
160	+129
170	+100
180	+61
190	+51
200	—12
210	—35
220	—37
225	—44
230	—29
240	—14
250	+5
260	+12
270	+35
280	+12
285	+55
290	+43
295	+32
305	—2
315	—35
325	—38
335	—31
345	—27
355	—36
365	—29
375	—19
385	+25
395	—2
405	+26
415	—21
425	—2
435	+16
445	+15
455	+37
465	+16
475	+24
485	+8
495	+23
505	+29
515	+27
525	+36
535	+35
545	+25
555	+35
565	+26
575	+19
585	—11
595	—1
605	—3
615	+19
625	+30
635	+26
645	+34
655	+25

32 S→N

0	+307
5	+349
10	+330
15	+320
20	+300
25	+259
30	+213
35	+209
40	+158
45	+150
50	+114
55	+142
60	+122
65	+117
70	+107

33 S→N

0	+189
5	+220
10	+271
15	+361
20	+433
25	+572
30	+571
40	+305

34 N→S

0	—12
10	—6
20	+37
30	+101
40	+110
45	+156
50	+234
55	+209
65	+174
75	+140
85	+116
95	+173
110	+279
120	+256

35 SW→NE

0	+56
10	+95
20	+195
30	+245
40	+241
50	+206
60	+187
70	+154
80	+80
90	+19

36 NW→SE

0	+174
10	+180
20	+145
30	+158
40	+147
50	+153

37 W→E

0	+33
10	+55
20	+93
30	+107
35	+140
40	+123
45	+120
55	+80

38 S→N

0	+349
10	+441
20	+424
30	+267
40	+82
50	+45
60	+65
70	+106
80	+145
90	+83
100	+7
110	—1
120	—28
130	—35
145	—115
160	—76
175	—50
190	—50
205	—51
220	—31
235	—25

39 NW→SE

0	—5
10	+15
20	+84
30	0
40	—9
50	+79
55	+147
60	+96
70	+45
80	+29
90	+64
100	+25
110	—14
120	—29
130	+1
135	+13
140	+30
150	—20

40 N→S

0	—13
10	—19
25	—19
40	—31
55	—46
65	—45
75	—49
85	—70
95	—17
105	—16
115	+28
125	—165
135	+28

41 N→S

0	+50
10	+68
20	+40
25	+115
30	+158

42 N→S

0	+14
10	+45
20	+65
30	+96
35	+56
40	+54
50	+53
60	+53
70	+21
80	+24
90	+11
100	+22
110	+22
120	+27
130	+41
140	0
150	+14
160	+12
170	—13
190	—54
210	—34
220	—50
230	+138
240	+78
250	+214
255	+259
265	+197
275	+363
280	+445
285	+319
295	+200
305	+160

43 N→S

0	—63
10	—85
20	—17
25	+4
30	+61
35	+88
40	+24
50	—72
60	—10
70	+10
80	+70
85	+82
90	+75
95	+58
100	+30
110	+5
120	—36
130	—34
140	—28
150	—58
160	—63
170	—69
180	—90
190	—87
200	—88
210	+196
220	+273
230	+376
235	+328
240	+393
245	+364
250	+336
255	+261

44 N→S

0	—34
15	+110
30	+334
40	+437
45	+477
50	+549
55	+425
60	+358
70	+277
85	+144
105	+55
120	+25

45 N→S

0	+29
15	+112
20	+171
25	+86
35	+23

46 NW→SE

55	—61
65	—52
75	—50
85	—50
95	—45
110	—18
120	—12
130	—7
140	—26
155	—32
175	—27
190	—28
210	—14
220	+9
240	—44
250	—27
260	—4
270	—3
280	+118
285	+84
290	+59
300	+23
310	+13
320	+13
330	+6
340	+20
350	+4
360	—14
380	—33
390	—38
400	—31
410	—35
420	—24
430	—2
460	—9
470	—21
480	—38
490	—40
500	—2
505	+58
510	+189
515	+218
520	+593
525	+565
530	+621
535	+530
545	+467
555	+355
565	+207
570	+217
580	+144
600	+68
620	+25
640	—1
660	—12
680	—17
700	—27
720	—60
740	—73
760	—70
780	—127
800	—180
820	—234
840	+309
850	+541
853	+673
856	+673
860	+636
875	+413
925	+67

47 W→E

0	+345
15	+673
20	+766
25	+797
30	+571
50	+305
60	+221
70	+190

48 NW→SE

0	+98
5	+161
10	+263
15	+417
20	+600
25	+515
30	+441
35	+333
40	+256

49 W→E

0	+51
10	+78
15	+114
20	+113
25	+145
30	+253
35	+352
40	+468
45	+447
50	+228

50 NW→SE

0	—3
10	—8
20	—10
30	—2
40	0
50	+4
60	+9
70	+44
80	+38
85	+166
90	+377
95	+407
100	+477
105	+436
110	+358
115	+252
130	+191
145	+142
160	+112
175	+78
190	+57
205	+44
215	+32

51 NW→SE

0	—12
15	—22
30	+103
40	+561
45	+628
50	+742
55	+487
60	+250
70	+159

52 NW→SE

0	+139
5	+499
10	+702
15	+597

53 W→E

0	+63
10	+198
15	+154
20	+152
25	+128
30	+89
35	+60
45	+46
55	+24

54 NW→SE

0	+15
5	+93
10	+55
15	+45
25	+250
30	+155
35	+132
40	+114
50	+54
60	+66
80	+8
100	+33
120	—11

55 NW→SE

0	—74
30	—78
60	—95
90	+131
95	+345
100	+418
105	+298
110	+221
120	+146
145	+95

56 N→S

0	—289
15	+44
20	+179
25	+400
30	+300
35	+247
45	+164
60	+152
80	+131

57 NW→SE

0	—364
10	+189
20	+410
30	+490
40	+453

58 S→N

0	+76
10	+94
20	+145
30	+70
40	+75
50	+65
60	+101
70	+ 76

59 E→W

0	+309
20	—186
40	—127
60	—75
80	—55
100	—39
110	—15
120	—33
140	—28
160	—25
180	—20
200	—17
220	0
240	0

60 N→S

0	—3
10	—14
25	—26
35	—34
45	—37
55	—47

61 N→S

0	—46
10	—19
20	—29
35	—26
50	—15
65	+121
70	+164
75	+187
80	+150
85	+83
105	—16
125	—86
145	+75
155	+171
160	+211
165	+76
185	—15
205	—61
225	—44
245	+66
255	+104
265	+17
285	—22
300	—33
310	—51
320	—67
330	—100
340	—100
350	—13
355	—63
360	+4
365	+390
370	+250
375	+95
380	+68
390	+59
400	+48
410	+34
420	+17
430	+24
440	+7
450	+8
460	+23
470	+21
480	—13
500	—40
520	—31
540	—37
560	—43
580	—50
600	—53
615	—54
630	+3
640	+513
645	+599
650	+428
655	+234
675	+60
695	+25
715	+15

62 W→E

0	+86
5	+100
10	+252
15	+145
20	+138
25	+105
30	+97
35	+121

63 W→E

0	+257
5	+321
10	+321
15	+182

64 W→E

0	+120
10	+186
15	+253
20	+313
25	+246
35	+117
45	+75
60	+33
75	+31
85	+32

65 W→E

0	+134
5	+227
10	+226
20	+85
30	+57

66 N→S

0	+18
20	+102

30	+109
40	+100
50	+100
60	+60
70	+60
90	+19
110	—39
130	—46
145	—72
155	—98
165	—69
175	—18
185	0
195	+88
205	+68
210	+113
215	+87
225	+128
235	+83
245	+83
255	+47
265	+62
275	+69
285	+76
295	+23
305	+58
315	+40
325	+36
335	+18
345	+40
355	+19
365	+19
375	+18
385	+24
395	+38
405	+33
415	+21
425	+20
435	+36
445	+36
455	+36
465	+44
475	+31
480	+42
485	+38
490	+42
500	+39
510	+39
520	+39
530	+44
540	+40
550	+34
560	+39
570	+30
580	+37
590	+27
600	+31

67 W→E

0	—28
15	—44
30	—62
45	—32
70	+110
75	+90
80	+90
85	+76
90	+76
100	+84
110	+84
120	+84
130	+75
145	+68
165	+50
185	+44
200	+26
215	+15
230	—32

68 NW→SE

0	+123
5	+182
10	+125
15	+69
20	+42
25	+31
30	+27
35	+17

69 W→E

0	—12
10	—17
20	—17
30	—17
40	—17
50	—14
60	—34
70	—55
80	—3
90	+37
105	0
115	0
125	+102
135	+152
145	+172
150	+268
155	+282
160	+232
180	+10
185	+87
200	+76
215	+38
225	+37
240	+11
250	+11
260	+1
270	+1
275	+3
285	+63
290	+49
295	+37
300	+42
305	+65
310	+153

70 N→S

0	+15
5	+146
10	+78
15	+53

71 N→S

0	—19
5	+191
10	+108

72 NW→SE

0	+62
10	+83
20	+95
30	+97
35	+111
40	+117
45	+112
50	+99
65	+92
85	+87

73 N→S

0	—16
10	—27
20	—26
30	+2
40	+24
50	+83
60	+31
70	+8
80	+74
90	+113
100	+69
110	+74
120	+45
130	+48
140	+113
145	+174
150	+185
155	+228
160	+191
165	+145
175	+108
185	+92
195	+86
205	+77
215	+77
235	+77
255	+60
275	+57
295	+34
315	+26
335	+17
355	+51
365	+84
375	+84
385	+84
395	+133
400	+134
405	+129
410	+112
415	+97
425	+87
440	+75
450	+72
460	+58
485	+53
535	+57
560	+57
580	+46
590	+47
600	+51
610	+46
620	+51
625	+71
628	+75
630	+77
635	+53
650	+39
660	+39
670	+36
680	+39
690	+33
710	+42
760	+35
810	+37
860	+44
910	+44
960	+43
1010	+37
1110	+49
1150	+42
1190	+42
1230	+41
1270	+58
1310	+73
1350	+66
1370	+64
1450	+48

74 N→S

0	+224
5	+250
10	+165
15	+121

75 N→S

0	+30
15	+19
30	+21
40	+37
50	+50
60	+50
65	+52
70	+51

76 N→S

0	+60
5	+152
10	+119
15	+100
25	+94
35	+58
45	+62
65	+61
85	+68
105	+60
125	+52
145	+36
170	+41

77 N→S

0	+75
15	+61
25	+59
35	+61

78 N→S

25	—10
35	—13
45	—10
55	—10
65	+19
75	+4
85	+19
95	+21
105	+38
115	+53
125	+59
135	+57
145	+70
155	+60
165	+56
175	+45
185	+42
195	+42
205	+35
215	+33
225	+25
235	+35
245	+40
255	+38
265	+43
275	+47
325	+46
375	+55
425	+70
475	+73
485	+56
495	+56
505	+56
515	+47
525	+66
535	+111
545	+86
555	+115
560	+109
570	+97
580	+68
590	+68
600	+67
610	+67
620	+67
630	+67
640	+66
650	+68
660	+59
670	+66
680	+65
690	+95
700	+84
710	+80
725	+73
740	+77
750	+77

79 N→S

0	—34
10	—40
20	—45
30	—55
40	—61
55	—101
65	—75
70	—77
85	—94
100	—74
115	—12
120	+104
125	+74
130	+100
140	+21

80 N→S

0	—53
10	—73
20	—64
35	—77
50	—64

81 N→S

0	+125
25	+61
50	+47
75	+38
100	+39
125	+58
150	+6
175	+5
200	—23
225	— 8
250	+6
275	+12
300	—7
325	—30
340	—56
350	—44
360	+1
370	+112
375	+163
380	+78
390	+84
395	+155
405	+209
410	+210
415	+209
425	+209
435	+178
450	+158
465	+127
480	+114
495	+115
515	+78
535	+90
560	+91
585	+90
610	+105
640	+125

82 W→E

0	+209
10	+195
20	+170
30	+168
40	+161
50	+138

83 N→S

0	—8
5	+124
10	+181
15	+111
25	+55
40	+108
55	+107
70	+110
80	+121
90	+145
100	+138

84 NE→SW

0	+181
10	+49
25	+54
40	+136
55	+139
70	+163

85 W→E

0	+12
10	—3
20	—7
30	—13
40	—24
50	—56
60	—70
70	+87
80	+88
90	+96
100	+97
125	+96

86 N→S

0	—17
15	—14
30	—17
45	—18
60	—18
75	—50
90	—22
105	—4
120	+17
135	+31
145	+20
155	+11
165	+6
175	+4
190	+4
205	+7
220	—3
235	+6
250	+6
265	+3
280	+10
295	+13
310	+14

87 N→S

0	—21
10	—29
20	—29
30	—28
40	—13
50	—7
60	+15
70	+8
80	+23
95	+37
105	+23
115	+26
130	+15
145	+23
160	+25
175	+22
190	+11
205	+16
220	+18
235	+9
250	+1

88 N→S

0	—64
10	+48
20	+19

89 N→S

0	—104
10	+102
20	+243
25	+274
30	+266

90 N→S

0	+18
5	+169
10	+203
15	+183

91 NW→SE

0	—186
15	+377
25	+482
28	+585
30	+525
35	+305
40	+192
50	+112
60	+62
70	+26
80	+57
90	+47
100	+68

92 NW→SE

0	—127
15	—62
25	—58
35	+117
45	+332
50	+159

93 NW→SE

0	+2
5	+147
10	+135
15	+75

94 NW→SE

0	+5
5	+1
10	—9

95 N→S

0	+57
10	+29
20	+10
25	+10
30	+28
40	—17
50	—17
60	—31
80	—72
100	+113

96 NW→SE

0	—11
10	—7
20	—15
30	+10
40	—32
50	—19
60	—31
70	—28
80	—3
90	—40
100	—47
110	—29
120	—3
130	—42
140	—47
150	—26
160	—51
170	—47
180	—31
190	+195
200	+113

97 W→E

0	—22
20	—22
30	—21
40	—19
50	—70
60	—58
70	—40
80	—47
90	—39
100	—32
110	—25
120	—15
130	—31
140	—14
150	—38
160	—20
170	—42
180	—12
190	—5

98 W→E

0	—40
25	—60
45	—64
65	—82
75	—87
85	—72

99 W→E

0	—74
30	+192
35	+414
40	+375
45	+320
50	+181
60	+113
80	—1
130	—5

100 SW→NE

0	+38
15	+38
30	+38
45	+33
60	+24
75	+31
90	+36
105	+36
120	+42
135	+34
150	+15
165	+20
180	+20
195	+16
210	+26
225	+23
240	+17
255	+5
270	+7
285	+7
300	+2
310	+2
325	—19
340	—19
350	—19
360	—23

101 N→S

0	+375
30	+481
45	+673
55	+750
65	+750
70	+492

102 N→S

0	+181
5	+270
15	+554
20	+592
25	+461
35	+482
40	+462
50	+479
60	+743
65	+812
70	+517
80	+321
90	+223
105	+148
125	+102
145	+122
160	+197
170	+244
180	+275
190	+301
200	+304
210	+312

103 N→S

0	—1
10	+32
20	+70
30	+88
40	+98
50	+106
60	+124
70	+142
80	+147
95	+181
105	+182
115	+150
125	+151

104 N→S

0	+192
5	+240
10	+361
15	+229
20	+253
30	+468
40	+527
50	+628
60	+700
65	+760
70	+552
80	+414
90	+287
110	+114
125	+537
135	+592
140	+633
150	+637
160	+611
170	+265

105 N→S

0	—19
10	—49
20	—54
30	—74
40	—59
50	—82
60	—94
70	—117
80	—149
90	—165
100	—155
105	—206
110	—205
120	—142
130	—127
140	—100
155	—117
170	—148

106 W→E

0	—136
10	—206
15	—224
20	—196
25	+41
30	+188
40	+457
45	+498
50	+466
65	+379

107 NW→SE

0	+621
5	+656

108 W→E

0	+184
10	+308
20	+218
30	+185

109 W→E

0	+539
10	+560
15	+581
25	+380

110 W→E

0	—148
15	—2
30	+384
40	+493
45	+576
50	+619
52	+633
60	+718
70	+784
80	+804
88	+785
95	+518
96	+519
110	+197
130	+120
145	+90
160	+73
175	+52
190	+27

111 W→E

0	+788
5	+874
10	+876
15	+734

112 W→E

0	+731
10	+812
20	+523
30	+382
40	+377

113 W→E

0	+614
10	+692
20	+448

114 W→E

0	—126
20	—150
40	+296
50	+403
60	+339
70	+238
80	+216
90	+198

115 W→E

0	+472
5	+505
10	+400

116 W→E

0	—27
10	+399
15	+559
20	+670
25	+587
35	+258

117 N→S

0	+458
5	+485
10	+421
15	+375

118 W→E

0	+375
5	+381
10	+376
15	+368

119 W→E

0	+412
5	+562
10	+605
15	+562
20	+541

120 W→E

0	+269
10	+168
20	+116
30	+94
40	+57

121 W→E

0	—22
20	—42
40	—58
50	—82
60	—87
70	+360
75	+523
80	+515
90	+499
95	+634
105	+325
115	+56
125	+95
135	+97

122 N→S

0	+269
5	+318
17	+492
30	+634
40	+645
45	+675
50	+705
55	+744
60	+677

123 W→E

0	—1
20	—25
40	—25
60	—33
75	+270
85	+242
95	+179
105	+109
115	+109
125	+382
135	+441
140	+513
145	+565
150	+517
155	+586
165	+451
180	+219
195	+166

124 N→S

0	+21
10	+8
20	+41
30	+37
40	—16
50	+26
60	+26
70	+32
80	+32
90	+31
100	+31

125 S→N

0	—29
15	—6
30	—6
45	—6
65	+270
75	+452
85	+295

126 W→E

0	+505
5	+543
15	+478
25	+257

127 W→E

0	+7
20	+8
30	—9
40	—22
50	—22
60	—29
70	—33
80	—20
90	—67
100	—86
110	—104
120	+178
130	+422
140	+567
145	+619
150	+658
160	+286
175	+178
190	+144
205	+119

128 W→E

0	+526
5	+621
10	+685
15	+696
20	+718
25	+610
30	+264

129 W→E

0	+22
10	+470
25	+725
35	+770
45	+780
55	+480

130 W→E

0	+631
10	+777
20	+728
30	+572
40	+386
55	+100
65	+88

131 W→E

0	—133
10	—95
20	+517
30	+570
40	+581
50	+477
65	+378
75	+636
85	+511
95	+189

132 W→E

0	+459
5	+581
10	+373
20	+286
30	+363
40	+439
50	+439
60	+398

133 W→E

0	—8
10	+7
25	+123
35	+244
50	+329
60	+381
70	+391
75	+396
80	+361

134 W→E

0	+37
20	+14
50	+14
70	+14
130	+25
150	+56
170	+244
185	+234
190	+244
200	+250
205	+263
215	+197
225	+179
235	+155
245	+148
255	+148
275	+117
295	+94
305	+86
325	+69
345	+78
365	+78
385	+66

135 W→E

0	—32
5	+145
15	+288
25	+289

136

	+348

137 W→E

0	+260
10	+430
20	+171
30	+149
40	+299
50	+290
60	+243
75	+227
90	+218
105	+190
120	+164
140	+149
160	+93
180	+93
200	+93

138 W→E

0	—24
10	+108
20	+367
30	+308

139 W→E

0	—31
10	—28
20	—8
40	+99
50	+164
60	+164
80	+151
100	+141

140 W→E

0	—10
10	+1
20	+70
30	+110
40	+132
50	+128
60	+140
70	+142
80	+157
90	+162
100	+175

141 N→S

0	—36
20	—19
30	—36
45	—51
60	—90
75	—178
90	+169
100	+293
110	+230

142 N→S

0	—5
10	—5
20	—32
30	—32
40	—75
50	—73
60	—74
70	—170
80	—250
90	—75
100	+500
105	+468
115	+309

143 N→S

0	+42
20	+1
35	—30
55	—77
75	—147
90	—287
105	+376
115	+600
125	+364
135	+307
150	+254
165	+244
185	+231
205	+217
225	+204
250	+191
270	+187
290	+172

144 N→S

0	—96
10	—111
20	—24
30	+45
45	+84
52	+123
60	+114
69	+121
77	+113
90	+104
105	+110
120	+109
135	+117
150	+147
170	+151

145 N→S

0	+48
20	+10
35	—14
50	—60
65	—244
80	—237
95	—166
110	+90
120	+275
135	+504
155	+756
160	+604
170	+385
185	+286
200	+251
215	+219
230	+206
240	+208
250	+215
260	+236
270	+245

146 W→E

0	+540
10	+512
20	+454
30	+377
40	+342
55	+214
75	+263
95	+245
105	+235
120	+221
140	+202
155	+189
175	+181
195	+165
215	+151
235	+139
255	+143
275	+157
295	+172

147 N→S

0	—382
15	—5
30	+443
35	+606
45	+441
50	+397

148 N→S

0	—51
10	—90
20	—146
30	—215
40	—418
50	+71
60	+292
70	+512
80	+347
90	+262
100	+252
110	+266
125	+342

149 E→W

0	—96
10	—49
20	+98
50	+90
120	—51
170	—27
180	—19
195	+3
210	0
225	+25
240	+27
255	+9
270	+52
285	+54
300	+113
315	+108
330	+111
345	+110
360	+101
375	+75
390	+88
405	+81
425	+84
440	+78
455	+38
470	+56
490	+57
510	+53
530	+46
550	+57

150 S→N

0	+287
20	+300
40	+362
60	+428
65	+463
75	+540
85	+658
90	+741
95	+536
100	+281
110	+134
120	+192
130	—40
140	—267
150	—533
160	—295
170	—88
180	—69
190	—27
205	—30
220	+6
235	+27
250	+39
265	+43
285	+48

151 S→N

0	+680
10	+792
20	+839
30	+761

152 S→N

0	+749
10	+816
20	+737

153 S→N

0	+773
5	+1176
10	+913
15	+554

154 S→N

0	+545
10	+663
15	+974
20	+796

155 S→N

0	+525
10	+693
20	+199
30	—38
40	—289
50	—300
60	—490
70	—68
80	—59
90	+11
100	+113
110	+9
120	+21
130	+38
145	+44

156 S→N

0	+243
15	+241
30	+186
40	+136
55	+1
70	+83
85	+119
100	+119
115	+136
130	+88

157 S→N

0	+235
10	+247
20	+243
30	+249
40	+251
50	+270
60	+280
65	+280
75	+297
80	+281
90	+283
100	+144
105	+114
115	—24
120	+16
130	+29
140	+45
150	+50
160	+63
170	+151
190	+68
200	+82
215	+38

158 S→N

0	+284
10	+352
20	+486
30	+266
45	—290
65	—33

159 S→N

0	+279
5	+445
15	+553
25	+445

160 S→N

0	+219
10	+203
25	+205
40	+201
55	+233
65	+317
75	+740
85	+541
95	—270
105	—160
115	—48
125	—19
135	+2

161 N→S

0	+11
20	+33
40	+12
60	+15
80	+11
100	+9
120	+12
140	+14
160	+14
180	+12
200	+11
220	+10
230	—11
245	—7
260	—7
275	—10
285	—7
295	—7
305	—10
315	—7
325	—11
335	—6
345	—17
370	—19

162 S→N

0	—5
20	+3
40	—12
60	—1
80	+16
100	+27
120	+65
130	+115
140	+166
150	+146
160	—43
170	0
180	—3
190	—17
210	—5
230	+12
250	+17
270	+24
290	+28
310	+28
330	+38
350	+49
365	+51
375	+56
385	+55
395	+62
405	+61
425	+65
440	+78

163 S→N

0	+89
10	+95
20	+104
30	+108
40	+109
50	+109
70	+127
90	+136
110	+105
130	+92
150	+164
160	+182
170	+187
180	+136
200	+45

164 S→N

0	+477
10	+890
20	+495

165 S→N

0	278
5	346
10	265

166 S→N

0	+158
10	+165
20	+201
30	+195
40	+187
50	+172
60	+156
70	+152
80	+131
90	+108
100	+92
110	+99
120	+47
130	+42
140	+40
150	+73
160	+37
170	+52
180	+33
190	+55
200	+41
215	+28
230	+48
245	+34
265	+30
285	+51
305	+37
320	+37

167 NE-SW

25	+13
35	+6
55	+16
70	+7
85	+4
95	+31
100	+56
105	+20
110	+28
125	+11
140	+25
155	+28
170	+33
175	+42
185	+25
195	+33
205	+47
212	+44
220	+36
235	+31
250	+26
265	+34
280	+42
295	+50
310	+45
320	+46
340	+44
350	+51
360	+51
370	+58
380	+57
390	+79
400	+76
410	+78
420	+68
430	+67
440	+67
450	+67
460	+73
470	+73
480	+72
490	+78
500	+65
510	+78
520	+76
530	+70
540	+72

545	+74
550	+77
565	+71
580	+71
595	+79
610	+81
625	+73
640	+80
655	+87
670	+89
675	+97
680	+101
685	+94
690	+94
700	+90
740	+89

168 N→S

30	+67
45	+81
60	+81
75	+75
90	+69
105	+67
120	+68
135	+74
150	+69
165	+75
180	+71
195	+76
210	+65
225	+66
240	+66
255	+66
270	+66
285	+61
300	+55
315	+52
330	+55
345	+46
360	+46
375	+46
390	+52
410	+48
425	+62
440	+62
455	+57
480	+76
490	+88
500	+96
510	+99
520	+98
530	+99
540	+111
550	+115
560	+111
570	+107
580	+109
590	+110
600	+111
610	+111
620	+116
630	+111
640	+106
650	+108
660	+108
670	+111
690	+101
710	+98
730	+90
750	+93
760	+95
765	+96
770	+95
780	+96

169 N→S

0	+87
15	+116
25	+134
30	+140
35	+151
40	+148
50	+147
60	+148
70	+149
90	+149
110	+132
125	+130
140	+140
155	+126
170	+118
185	+112
200	+92
210	+110
220	+106
230	+105
240	+120
245	+123
250	+120
260	+115
280	+117
300	+112
320	+112
340	+118
360	+108
380	+108
400	+108
420	+108
440	+110
460	+80
470	+80
480	+100
490	+99
500	+97
510	+48
515	+52
520	+58
525	+111
530	+133
540	+219
550	+193
560	+175
570	+130

170 W→E

0	+96
10	+95
20	+95
30	+91
40	+112
50	+128
60	+117
70	+116
80	+112
90	+120
100	+120
110	+120
120	+120
130	+120
140	+120
150	+120
160	+120
170	+109
180	+114
190	+98
200	+106
210	+98
220	+106
250	+106
270	+112
290	+119
310	+123
330	+92
350	+80
370	+106
390	+120
405	+137
415	+152
425	+136
435	+120
455	+95
475	+73
490	+63
505	+42
515	+39
525	+63
530	+178
535	+171
545	+123
555	+148
565	+163
575	+154
585	+144
590	+104

171 E→W

0	+104
10	+127
20	+124
30	+117
40	+116
50	+120
70	+127
80	+140
90	+145
100	+139
110	+130
125	+128
140	+133
160	+171
170	+170
180	+162
190	+146
205	+126
220	+104
235	+91
250	+104
265	+108
280	+81
295	+87
310	+81
325	+76
340	+79
355	+71
370	+75
385	+78
400	+71
415	+73
430	+75
445	+79
460	+59
475	+51
490	+54
505	+59

172 E→W

0	+108
20	+126
40	+128
60	+137
80	+134
110	+149
140	+159
170	+148
200	+158
210	+150
220	+142
235	+142
250	+124
265	+124
280	+118
295	+110
310	+91
320	+111
330	+82
340	+82
350	+81
365	+96
380	+100
395	+133
405	+141
415	+137
425	+148
435	+148
445	+150
455	+142
465	+143
480	+145
495	+135
510	+139
525	+148
540	+149
555	+161
570	+171
585	+182
600	+198
615	+210
630	+214
645	+225
665	+225
680	+248
710	+228

173 N→S

0	+79
10	+93
20	+62
30	+59
40	+38
50	+54
60	+57
70	+58
80	+71
95	+53
110	+53
125	+61
140	+77
155	+56
170	+63
185	+64
200	+70
215	+66
230	+63
245	+48
260	+21
270	+54
280	+199
290	+136
300	+120
305	+256
310	+171
320	+169
335	+174
345	+210
350	+190
355	+189
370	+155
385	+118
405	+121
425	+121
465	+130
505	+145
545	+167
585	+158

174 N→S

0	+54
5	+123
10	+103
15	+188
20	+173
25	+229

175 N→S

0	+61
10	+61
20	+64
30	+257
35	+142
45	+131

176 N→S

0	+75
15	+62
25	+55
35	+89
45	+86
55	+87

177 NE→SW

0	+97
10	+97
20	+97
30	+97
40	+111
50	+97
60	+97
70	+94
80	+134
90	+128
100	+128
110	+128
120	+120
130	+141

178 N→S

0	+99
10	+212
15	+295
20	+203
30	+176
40	+201
45	+259
50	+233
60	+241
70	+179
80	+173

179 N→S

0	+53
10	+73
20	+74
30	+49
40	+31
50	+239
60	+182
70	+97

180 N→S

0	+93
10	+91
20	+90

181 N→S

0	+75
20	+75
30	+76
40	+87
50	+78
60	+82
70	+79
80	+165
85	+165
95	+144

182 N→S

0	+83
25	+108
40	+109
50	+109
60	+109
70	+94
80	+108
90	+109
105	+122

183 E→W

0	+82
10	+125
20	+205
30	+272
40	+142
50	—102
60	—115
70	—112
80	—52
90	—32
100	—36
110	—20
120	—41
135	—35
150	—16
165	—5
195	0
210	—3
240	—9
270	—33
285	—14
315	—19
350	—19
360	—23

184 E→W

0	—23
10	—9
20	—7
30	+7
45	+4
60	—2
75	—2
95	—9
115	+16
135	+13
155	+8
175	+3
200	—7
225	—6
250	+2
275	—9
300	—1
325	—21
350	—16

185 S→N

0	+47
15	+41
30	+32
45	+18
60	+28
75	+27
90	+30
105	+34
120	+40
135	+79
150	+83
160	+220
165	+220
175	—175
190	—120
210	—47
230	—58
250	—61
270	—48
290	—38
310	—50
330	—34
350	—41
370	—30
380	—39
385	—15
390	—15
395	—18
405	—9
415	—15

186 W→E

0	—19
15	—27
35	—31
60	—19
75	—24
90	—49
105	—55
120	—55
135	—51
150	—41
165	—51
180	—41
195	—41
210	—38
225	—31
240	—57
255	—97
270	—67
280	—91
290	—99
305	—124
320	—146
335	—175
350	—211
365	—165
380	—200
395	—167
410	—52
425	—41
440	+21
450	+21
465	+20
485	+103
495	+144
500	+177
505	+182
510	+129
515	+63
525	+25
555	+38
570	+58
585	+58
610	+39
630	+32

680	+10
700	+41
725	+66
750	+85

187 N→S

0	+61
10	+24
20	+73
30	+102
40	+91

188 N→S

0	+374
5	+248
10	+144

189 N→S

0	+57
10	+53
25	+46
40	+7
50	+226
55	+325
60	+174

190 N→S

0	+50
10	+65
20	+38
30	+38
45	+3
60	—45
70	—33
80	+270
85	+342
90	+389
95	+475
105	+338
115	+177

191 N→S

0	+67
15	+63
30	+67
45	+64
60	+58
75	+72
90	+73
105	+72
120	+80
135	+70
150	+68
165	+68
180	+71
195	+71
210	+69
225	+65
240	+72
255	+72
270	+62
285	+73
300	+67
315	+71
330	+74
345	+69
360	+63
375	+69
390	+76
405	+71
420	+74
435	+74
450	+79
465	+79
480	+83
495	+81
510	+79
525	+87
540	+104
555	+98
570	+57
585	+66
600	+66
615	+66
630	+66
645	+63
660	+63
675	+60
690	+61
705	+55
720	+55
735	+44
745	+32
750	+300
755	+155
760	+158
765	+154
775	+118
785	+112
795	+91
810	+80
815	+83
830	+118
850	+150
860	+123
880	+146
895	+140
910	+140
925	+141
940	+132
955	+130
970	+129
985	+141
1000	+140
1015	+140
1030	+134
1045	+127
1060	+127
1075	+130
1090	+141
1105	+143
1115	+150

192 W→E

0	+73
15	+83
25	+50
35	+66
45	+61
60	+63
75	+58
90	+73
105	+79
120	+86
135	+81
150	+81
170	+82
185	+76
200	+83
215	+90
230	+77
245	+75
260	+80
275	+71
290	+62
305	+70
320	+66
335	+84
345	+109
350	+104
355	+95
365	+100
370	+61
380	+28
390	+90
400	+77
410	+69
420	+68
430	+75
440	+52
450	+81
460	+80
470	+58
480	+80
490	+77
500	+70
510	+66
520	+81
530	+53
540	+64
550	+64
565	+64
580	+79
590	+89
600	+154
605	+217
610	+269
615	+322
617	+301
620	+322
625	+204

193 S→N

0	+87
20	+81
40	+85
60	+74
80	+75
100	+72
120	+71
140	+72
160	+75
180	+76
200	+79
220	+71
240	+49

194 N→S

0	+115
10	+115
20	+122
30	+122
40	+121
50	+125
60	+124
70	+129
80	+128
90	+139
100	+155

195 W→E

0	+89
15	+101
25	+96
35	+88
45	+96
55	+105
65	+99
70	+148
80	+148
90	+148
100	+149
110	+149
120	+141
130	+144
140	+115
150	+97
160	+124
170	+122
180	+122
190	+122

196 W→E

0	+112
20	+103
40	+93
60	+87
80	+61
100	+56
120	+94
130	+94
140	+108
160	+103
180	+99
200	+97
220	+89
240	+79
260	+83
300	+89
340	+89
380	+91
420	+95
460	+95
500	+103
530	+103
540	+97
570	+87
600	+93
640	+90
670	+90
700	+100
740	+60
780	+59
820	+61
860	+55
900	+52
940	+45
980	+44
1020	+37

197 N→S

0	+79
25	+78
45	+91
60	+182
65	+193
70	+183
80	+157
90	+95
105	+185
110	+231
115	+253
125	+196
140	+123
155	+156
170	+169
185	+165
205	+127
220	+133
235	+126
245	+125
255	+120
265	+133
285	+112
305	+105
325	+102
345	+102
365	+105
375	+105
385	+97

198 W→E

0	+129
15	+117
30	+118
45	+114
60	+149
70	+142
80	+198
85	+215
90	+168
95	+135
115	+131
145	+106
185	+126

199 N→S

0	+38
10	+28
20	+49
30	+49
40	+45
50	+70
60	+71
70	+60
85	+58
105	+57
125	+58
145	+70
155	+73
195	+84
215	+131
235	+176
238	+187
243	+176
248	+145
258	+214
263	+209
268	+198
280	+146
300	+114
320	+111
340	+223
350	+248
360	+184
380	+168
400	+116
420	+88
440	+74
460	+73
470	+80
480	+81
490	+84
500	+94
510	+79

200 N→S

0	+36
10	+43
20	+33
30	+32
40	+5
50	+25
60	+14
70	—40
75	+9
85	—21
95	—41
105	—55
115	—102
120	—95
125	—44
130	+17
135	+58
145	+42
155	+77
165	+73
175	+68

201 W→E

0	+100
10	+153
20	+184
25	+128

202 N→S

0	+189
25	+213
50	+192
75	+187
100	+188
125	+187
150	+170
175	+142
200	+101

203 E→W

0	+85
15	+92
30	+86
45	+78
60	+80
75	+105
90	+126
105	+150
120	+196
135	+206
150	+224
165	+245
180	+245
195	+238

204 E→W

0	+55
20	+47
35	+54
55	+45
70	+51
85	+49

205 N→S

0	+38
15	+44
35	+38
50	+55
65	+81
80	+126
95	+115
110	+102
125	+88
140	+75
160	+80

206 W→E

0	+157
20	+160
35	+111
45	+108
60	+201
70	+405
80	+474
90	+511
105	+326
120	+227
140	+196

207 S→N

0	+130
10	+139
15	+161
20	+132
30	+108
40	+103
60	+51
75	+51
90	+51
105	+64
120	+69
135	+81
150	+89
165	+101
180	+116
195	+118
205	+118

208 W→E

0	+60
10	+78
20	+69
35	+57
50	+68
65	+72
80	+78
95	+50
110	+54
125	+48
140	+54
150	+77

209 SW→NE

0	+73
15	+80
30	+94
45	+94
60	+86
75	+92
90	+92
105	+41
115	+45
130	+51
145	+65
160	+86
175	+65
190	+65
205	+65
220	+76
235	+116

210 SE→NW

0	+93
10	+96
20	+83
25	+79
30	+71
35	+75
45	+54
50	+54
55	+54
65	+48
75	+58
85	+51
95	+68
105	+61

211 S→N

0	+140
15	+201
25	+375
35	+78

45	+35
60	+47
75	+56
90	+65
110	+93
130	+124
150	+139
160	+146
170	+157
175	+153
185	+108
205	+62

212 N→S

0	+56
5	+59
10	+61
20	+61
30	+61
40	+61
50	+44
55	+51
60	+51
65	+45
75	+45
90	+40
105	+44
120	+48
135	+44

213 N→S

0	+90
5	+94
10	+94
15	+94
20	+98
25	+94
30	+89
35	+93
40	+89
50	+89

214 N→S

0	+61
25	+47
35	+34
45	+14
50	+12
55	+72
65	+223
75	+194
80	+178
90	+144
95	+134
105	+112
115	+112
125	+115

215 N→S

0	+51
10	+52
20	+43
30	+51
40	+65
50	+54
55	+180
60	+158
70	+156
80	+153
90	+145
100	+129
120	+131

216 SW→NE

0	+156
10	+191
20	+214
30	+266
35	+288
40	+290
45	+309
50	+319
55	+295
65	+229
75	+173
85	+142
105	+112
125	+112
140	+95
160	+81
180	+79

217 SW→NE

0	+137
10	+138
20	+138
30	+138
40	+144
50	+136
60	+145
80	+128
100	+110
120	+100

218 SW→NE

0	+142
20	+162
40	+162
50	+140
60	+139
70	+131
80	+135
90	+128

219 SW→NE

0	+216
5	+230
10	+225
15	+224
20	+194

220 S→N

0	+70
15	+80
30	+77
45	+84
60	+95
75	+94
90	+116
105	+122
120	+126
135	+119
150	+116

221 S→N

0	+75
20	+83
35	+76
50	+83
60	+84

222 E→W

0	+116
10	+133
20	+139
30	+160
40	+172
50	+194
60	+215
70	+209

223 W→E

0	+141
10	+143
20	+126
35	+135
50	+154

224 S→N

0	+154
10	+184
15	+205
25	+93

225 S→N

0	+74
10	+71
20	+64
30	+64
40	+78
50	+76
60	+93
65	+92
70	+104
75	+107
80	+107
90	+113
100	+89
110	+55

226 W→E

0	+184
5	+200
10	+157
35	+129
60	+114
85	+94
110	+92
135	+80
160	+72
185	+73
260	+70
300	+75
315	+81
330	+105
340	+140
345	+140
350	+137

227 S→N

0	+129
10	+127
20	+159
30	+194
40	+184
50	+201
60	+205

228 S→N

0	+215
10	+334
20	+200
30	+181
40	+249
50	+177
60	+122
70	+85
80	+84
95	+123
105	+137
115	+151
125	+166
135	+156
150	+106
165	+76
185	+64
205	+73
225	+68
240	+57
255	+61
260	+56
275	+68
290	+75
305	+95
315	+134
320	+110
335	+47
345	+58
365	+49

229 S→N

0	+134
10	+164
20	+169
30	+184
40	+205
50	+267
60	+282
70	+297
80	+148
90	+124
105	+117
110	+118
120	+134
125	+ 61
135	+ 68

230 S→N

0	+131
20	+163
30	+187
40	+223
50	+307
60	+215
75	+159
90	+134
105	+149
115	+188
125	+89
135	+64
150	+65
170	+71
190	+80
200	+51
210	+80
220	+62
230	+79
240	+81
250	+99
260	+105
270	+113
275	+104
280	+103
290	+62
300	+30
310	+20
320	+33
330	+33
340	+31
355	+37
370	+26
385	+17

231 N→S

0	+51
10	+51
20	+45
30	+41
40	+41
50	+31
60	+11
70	+31
80	+31
90	+35
100	+41
110	+55
120	+78
130	+102
140	+108
150	+108
160	+108
170	+85
180	+88
190	+85
200	+85
210	+73
220	+71
230	+71
240	+71
250	+71
260	+71
270	+71
280	+81
290	+101
295	+114
300	+120
305	+120
310	+141
315	+140
325	+140
335	+170
340	+167
345	+197
350	+215
355	+224
360	+212
370	+178
380	+157
390	+131
400	+121

232 S→N

0	+137
10	+147
20	+163
30	+180
40	+180
50	+176
60	+164
70	+152
80	+133
90	+115
100	+113
110	+105
120	+97
130	+89
140	+89
155	+89
170	+82
185	+95

233 S→N

0	+114
10	+135
20	+142
30	+152
40	+144
50	+148
60	+145
70	+131

234 W→E

0	+77
10	+75
20	+84
30	+86
40	+83

235 W→E

0	+166
10	+223
20	+203

236 S→N

0	+61
20	+79
40	+103
55	+128
65	+144
75	+161
85	+178
100	+229
105	+238
110	+255
120	+174
130	+125
145	+115
160	+103
175	+108
190	+112
205	+116
210	+95
220	+107
230	+88
240	+79
250	+75
260	+68
270	+59
280	+55
290	+60
300	+53
310	+54
320	+39
330	+35
340	+43
360	+59
370	+43
380	+33
390	+33
400	+33
410	+33

237 N→S

0	+172
10	+227
20	+221
30	+194

238 S→N

0	+112
10	+122
25	+129
40	+144
50	+153
60	+153
70	+161
80	+163
90	+153
100	+154
110	+130
120	+132

239 N→S

0	+72
5	+53
10	+60
15	+72
20	+61
25	+64

240 S→N

0	+133
10	+133
20	+143
30	+147
40	+147
50	+143
60	+133
70	+120
80	+107
90	+100
100	+107
115	+131
120	+139
125	+151
130	+160
135	+155
145	+113
160	+102

241 W→E

0	+113
15	+120
25	+120
35	+124
45	+120

242 N→S

0	+123
10	+117
25	+107
40	+99

243 N→S

0	+146
10	+160
20	+157
25	+136
35	+146
50	+128
65	+120

244 N→S

0	+81
10	+98
20	+91
30	+162
35	+213
40	+141

245 N→S

0	+89
10	+112
20	+131
30	+131
35	+152
40	+131

246 S→N

0	+286
10	+290
20	+290
30	+299
40	+287
50	+294
60	+281
70	+271
80	+271
90	+273
100	+262
110	+252
120	+267
130	+246
140	+224
150	+229
160	+242
170	+229
180	+226
190	+225
200	+236
210	+237
220	+231
230	+200
240	+196
250	+228
260	+236
270	+248
280	+260
290	+272
300	+261
310	+275
320	+306
325	+337
330	+286
340	+278
350	+219
360	+179
370	+160
380	+117
390	+41
400	+42
410	+63
420	+63
430	+73
450	+73
470	+73
485	+95
500	+111
520	+110
530	+99
550	+113
565	+113
580	+104
600	+90
620	+92
640	+92
660	+92
700	+96

247 S→N

0	+154
10	+165
15	+165
25	+186
30	+175
40	+188
50	+167
60	+168
70	+97
80	+107
90	+67
100	+87
110	+87
120	+87
130	+87
140	+87
150	+107
160	+117
175	+148
180	+117
190	+148
200	+168
210	+107
220	+90
230	+90
240	+90
260	+70
280	+51
300	+71
310	+91
320	+91
330	+91
340	+91

248 S→N

0	+154
5	+159
25	+168
35	+169
45	+169
60	+169

249 S→N

0	+108
5	+170
35	+283
40	+254
55	+9

250 SW→NE

0	+82
10	+85
20	+75
30	+75
40	+75
50	+75
60	+95
70	+95
80	+151
85	+102
95	+125
105	+102
120	+102
135	+92

251 N→S

0	+116
10	+127
15	+113
20	+94

252 N→S

0	+93
10	+94
20	+94
35	+98
50	+103

253 S→N

0	+132
5	+132
10	+132
15	+144
20	+134
25	+118
30	+134

254 N→S

0	+95
10	+92
20	+111
30	+133
40	+155
50	+135
60	+135
70	+137
80	+137

255 S→N

0	+146
10	+136
20	+125
30	+135
40	+206
50	+95
55	+75
65	+65
75	+24
85	+64
95	+64
105	+64
115	+83
125	+123
135	+103
145	+130

256 N→S

0	+93
10	+87
20	+93
30	+85
40	+85
50	+90
60	+84
70	+84
80	+84
95	+93
105	+99
120	+113
130	+159
140	+168
150	+177
160	+156
170	+149
180	+150
200	+144

257 N→S

0	+150
15	+155
30	+152
45	+180
60	+210
75	+235
90	+261
100	+270
110	+268
120	+267
130	+236
145	+217
165	+203
180	+191

258 N→S

0	+148
25	+136
50	+140
75	+138
100	+137
125	+141
150	+155
170	+153
210	+165
250	+183
290	+151

259 N→S

0	+93
20	+93
40	+86
50	+87
60	+87
70	+77
80	+57
90	+57
100	+58
110	+189
120	+220
130	+199
140	+192
150	+203
160	+205
170	+208
180	+212
190	+212
200	+206
210	+206
220	+208
230	+209
240	+210
255	+213
270	+210
285	+209
300	+218
315	+239
325	+222
330	+230
345	+229
360	+242
375	+256
385	+242
405	+262
415	+273

260 E→W

0	+256
15	+261
30	+264
45	+264
60	+270
75	+273
90	+268

261 NE→SW

0	+268
15	+291
30	+292
45	+301
60	+316
80	+308

262 W→E

0	+262
20	+280
40	+282
60	+280
80	+284
110	+291
200	+286
220	+278
240	+267
260	+260
280	+259
300	+238
320	+231
340	+221
360	+207
380	+205
400	+192
410	+199
430	+195
450	+191
470	+171
490	+166
510	+164
540	+156
590	+144
640	+164
690	+160
740	+158
760	+154
780	+185
810	+202
830	+204
860	+180

263 N→S

0	+31
10	+131
20	+130
30	+191
40	+231
50	+210
60	+261
70	+352
80	+328
90	+279
100	+243
110	+224
120	+217
130	+217
140	+217

264 E→W

0	+217
40	+210
65	+207
90	+208
115	+209
140	+205
180	+219
190	+193
210	+181
240	+187
260	+195
280	+174
300	+174
320	+175
340	+176
360	+170
380	+195
400	+177
420	+182
440	+177
460	+178
480	+138

265 S→N

0	+219
15	+221
30	+224
45	+218
60	+250
70	+239
85	+115
95	+97
105	+65
115	+69
130	+62
145	+93
160	+93
175	+89
190	+95
205	+93
220	+96
235	+96
250	+96

266 S→N

0	+113
20	+112
40	+112
60	+113
80	+112
100	+104
120	+103
140	+102
150	+102
170	+101
190	+103
210	+102
230	+102
250	+113
270	+113
290	+120
300	+120
310	+120
320	+127
330	+130
340	+104
350	+108
360	+118
370	+119
380	+122
390	+120
400	+112
410	+96
420	+92

267 N→S

0	+88
25	+87
50	+88
75	+84
90	+94
100	+94
110	+97
120	+131
130	+144
140	+162
150	+168
160	+185
170	+193
180	+201
190	+186
200	+188
210	+190
220	+207
240	+208
260	+197
280	+235
290	+227
310	+257
330	+282
350	+282
370	+298
390	+310
410	+304
430	+299
450	+275
470	+259
490	+233
510	+220
530	+196
550	+188
575	+157
600	+141
625	+82
650	+72
675	+52
700	+34
740	+17

268 N→S

0	+89
15	+84
30	+80
45	+85
60	+166
75	+150
90	+164
105	+160
120	+175

269 N→S

0	+170
10	+179
15	+204
20	+203
35	+195

270 SW→NE

0	+203
35	+188
55	+187
75	+179
95	+174
115	+171
135	+163
155	+145
175	+138
195	+140
215	+133
235	+121
260	+147
285	+159
310	+68
320	+69
340	+59
360	+80
380	+87
400	+88

271 S→N

0	+170
20	+139
40	+117
60	+116
80	+102
100	+96
120	+98
140	+89
160	+91
180	+87
200	+84
220	+80
240	+87
260	+87
280	+93
300	+81
320	+79
340	+87
360	+85
380	+86
400	+80
420	+86
440	+86

460	+82
480	+75
500	+80
520	+84
540	+82
560	+68
580	+65
600	+65
620	+65
640	+64
660	+62
680	+80
700	+86
725	+108
750	+137
775	+165
800	+178
825	+195
850	+194
875	+210
910	+224
930	+229
950	+220
970	+224
990	+223
1010	+226
1030	+218
1040	+217
1060	+191
1080	+194
1100	+192
1120	+193
1140	+167
1160	+165
1180	+163
1200	+161
1215	+163
1230	+188
1245	+177
1260	+185
1270	+185
1280	+187
1290	+174
1300	+165

272 N→S

0	+52
20	+60
40	+56
60	+55
80	+54
100	+58
120	+63
140	+54
160	+59
180	+64
200	+64
220	+65
240	+65
260	+66
280	+59
285	+64
300	+73
320	+73
340	+65
360	+77
365	+75

380	+98
400	+98
420	+92
440	+95
460	+90
480	+92
500	+92
520	+100
540	+101
560	+97
580	+97
600	+96

273 W→E

0	+96
15	+100
30	+99
45	+85
60	+93
75	+88
90	+90
105	+77
120	+86
135	+88
150	+78
165	+85
180	+81
195	+80
210	+69
225	+65
240	+71
260	+82
280	+80
300	+77
320	+70
340	+71
360	+70
380	+84
400	+79
420	+78
440	+78
460	+77
480	+65
500	+63
520	+67
540	+71
560	+75
580	+66
600	+77
620	+76
640	+78
660	+86
680	+88
700	+88
720	+84
740	+76
760	+77
780	+77
800	+68
820	+68
840	+70
860	+52
870	+52

274 W→E

0	+268
10	+269

20	+282
30	+274
40	+262
50	+239
60	+208
70	+164
80	+146
90	+108
100	+93
110	+90
120	+90
130	+80
140	+66

275 W→E

0	+148
10	+156
20	+164
35	+146
50	+144

276 S→N

0	+156
10	+243
20	+219
30	+172
40	+104
60	+146

277 S→N

0	+103
10	+82
15	+75
25	+84
35	+71
40	+71

278 N→S

0	+122
10	+134
20	+130
30	+131
40	+137
50	+127
60	+128
80	+135
100	+127
120	+132
140	+129
170	+147

279 N→S

0	+107
15	+112
30	+112
50	+112
70	+125
90	+139
110	+136
130	+142
150	+145
170	+168
190	+185

210	+212
230	+206
250	+194
280	+188

280 N→S

0	+99
20	+120
40	+129
60	+142
80	+142
100	+145
120	+152
140	+164
160	+179
180	+189
200	+196
220	+193
240	+190
260	+170
280	+170

281 N→S

0	+140
10	+127
20	+136
30	+133
40	+135
50	+132
60	+130
70	+127
80	+127
90	+127
100	+127
110	+128
120	+128
130	+120
140	+122
150	+120
160	+120
170	+122
180	+125
185	+122
200	+117
220	+111
240	+105
260	+102
280	+101
300	+101
320	+94
340	+92
360	+85
380	+86
400	+70

282 W→E

0	+122
20	+131
40	+115
60	+114
80	+113
100	+113
125	+97
140	+96
150	+90

160	+88
180	+95
200	+88
220	+85
240	+70
260	+68
280	+72
300	+72
320	+68
340	+69
360	+78
380	+74
400	+69
430	+79

283 SE→NW

0	+193
10	+189
20	+179
30	+178
40	+168
50	+176
60	+171
70	+170
90	+151
110	+148
130	+158

284 N→S

0	+96
10	+96
25	+92
40	+111
55	+101
70	+95
85	+100
100	+96
115	+92
130	+93
145	+92
210	+118
230	+115
250	+110
270	+112
290	+117
310	+120
335	+125
360	+129
385	+127
410	+128
435	+138
460	+142
485	+133
510	+143
530	+144
550	+149
570	+152
590	+167
610	+169
630	+180
650	+194
670	+197
690	+196
715	+213
740	+213
765	+211

790	+217
815	+223
865	+222

285 E→W

0	+96
50	+99
100	+93
150	+97
200	+95
270	+79
305	+87
320	+102
340	+117
350	+111
355	+108
360	+110
370	+103
375	+106
380	+120
390	+117
395	+118
405	+120
415	+107
430	+84
440	+82
450	+86
460	+96
470	+93
490	+104
510	+97
530	+109
550	+109
580	+106
610	+109
640	+121
665	+133
685	+140
705	+148
730	+160
755	+164
780	+169
805	+169
830	+175
855	+174
880	+183
905	+193
945	+190
970	+193
995	+201
1020	+205
1045	+221
1070	+229
1095	+235
1120	+247
1145	+255
1170	+261
1195	+255
1240	+228

286 E→W

0	+193
20	+207
40	+207
70	+207
100	+211

130	+195
160	+192
190	+183
210	+181
240	+179
270	+184
300	+188
330	+176
360	+180
390	+179
410	+180

287 N→S

0	+192
20	+192
40	+192
60	+200
80	+202
100	+202
120	+203
140	+202
160	+202
180	+184
200	+191
220	+191
240	+183
260	+175
290	+175
320	+171
350	+163
380	+156
410	+157
460	+138

288 N→S

0	+130
10	+126
20	+132
30	+137
40	+146
50	+144
60	+149
70	+167
80	+172
90	+178
100	+175
110	+180
120	+181
130	+186
140	+196
150	+211
160	+218
170	+228
180	+218
190	+246
200	+246
210	+262
220	+242
230	+260
240	+266
250	+263
260	+263
270	+243
280	+253
295	+243
310	+233

325	+222
340	+208
355	+212
370	+202
385	+191
400	+171
415	+163
430	+144
445	+136
460	+119
480	+108
500	+82
525	+66
550	+49
575	+45
600	+41
640	+14

289 S→N

0	+113
15	+116
30	+131
45	+159
52	+161
60	+151
75	+125
95	+59
115	+69
135	+72
155	+77
175	+79
200	+77
240	+85
280	+75
320	+83
350	+80
375	+70
400	+91
425	+93
450	+89
490	+82
530	+96

290 W→E

0	+148
40	+140
60	+135
80	+121
100	+120
120	+113
140	+126
160	+113
180	+103
200	+106
220	+99
240	+100
255	+97
270	+90
285	+103
300	+86
315	+82
330	+73
345	+67
360	+79
375	+78

291 N→S

0	+120
10	+135
30	+217
50	+112
60	+80
75	+77

292 N→S

0	+82
10	+101
25	+81
35	+103
45	+124
55	+329
60	+375
65	+255
70	+157
75	+143
85	+136

293 E→W

0	+73
25	+69
50	+65
75	+64
100	+63
125	+52
150	+42
185	+69
230	+77
255	+72
280	+50
300	+69
320	+79
340	+74
360	+65
380	+92
400	+77
420	+72
440	+72
465	+93
490	+87
500	+130
510	+129
535	+150
555	+149
575	+159
595	+158
620	+148
645	+162
670	+164
695	+193
720	+176
745	+183
770	+184
795	+187
830	+193
875	+217
920	+215
965	+229
1010	+239
1070	+231

294 S→N

0	+71
15	+65
30	+65
45	+65
60	+65
75	+65
90	+72
105	+72
120	+72
135	+82
150	+69
165	+69
180	+66
195	+67
210	+70
230	+69
250	+69
270	+69
290	+64
310	+70

295 S→N

0	+82
20	+80
40	+81
60	+80
80	+75
100	+75
120	+78
140	+70
160	+75
180	+68
200	+67
220	+60
240	+60
260	+60
280	+59
300	+52
320	+74
340	+68
360	+67
380	+58

296 S→N

0	+92
20	+187
30	+175
40	+135
50	+111
60	+104
70	+83
80	+83
90	+79
100	+83
120	+88
140	+88
160	+98
180	+101
200	+128
220	+123
230	+135

297 S→N

0	+123
10	+98
20	+89

298 N→S

0	+123
10	+134
20	+135
30	+117

299 S→N

0	+66
10	+66
25	+128
40	+234
45	+101
50	+90
55	+121

300 E→W

0	+196
5	+234
10	+228
20	+206
30	+254

301 E→W

0	+58
10	+67
20	+75
30	+83
40	+144
50	+174
60	+201
65	+195
70	+173
85	+135
100	+108
115	+106
130	+107
150	+90

302 E→W

0	+60
10	+86
20	+108
30	+77
35	+68
40	+165
45	+73
50	+91
55	+127
60	+247
65	+47
70	+85
75	+124
80	+192
85	+202
90	+207
100	+156
110	+195
120	+148
130	+119
140	+118
150	+117
160	+117
170	+117
180	+118
200	+116
220	+116
240	+103
260	+103
280	+101
340	+100
360	+120
380	+115

303 E→W

0	+86
10	+88
20	+88
30	+87
40	+100
50	+120
55	+99
60	+120
65	+121
75	+139
85	+189
90	+213
95	+229
100	+202
115	+172

304 E→W

0	+146
10	+167
20	+178
30	+190
40	+187
50	+184
65	+171

305 N→S

0	+196
5	+418
15	+386
25	+310
40	+167
65	+91
80	+91
110	+49
130	+56
150	+56

306 S→N

0	+70
15	+85
30	+76
45	+81
60	+94
75	+111
90	+282
105	+104
120	+85
155	+131
165	+134
175	+167
190	+197
205	+308
220	+264
240	+225
310	+225
355	+228
400	+268
445	+294
490	+312
535	+308
575	+312
615	+294
650	+280

307 S→N

0	+89
15	+81
25	+81
35	+102
45	+112
55	+121
60	+121
70	+131
80	+140
90	+153
100	+151
110	+179
120	+108
125	+94
130	+103
140	+131
150	+134
160	+140
170	+156
180	+180
190	+185
200	+203
210	+186
220	+182
230	+210
240	+284
245	+237
250	+235
290	+228
320	+221

308 N→S

0	+194
10	+180
20	+178
30	+172
45	+166
55	+237
60	+250
65	+257
75	+138
85	+128
95	+112
105	+152
115	+132
125	+120
135	+104
145	+102
160	+114
170	+99
180	+101
190	+88
200	+82
210	+80
220	+78
230	+74
240	+76
250	+86
260	+79
270	+78
280	+78
310	+57
320	+75
330	+90
340	+77
350	+80
360	+67
370	+85
380	+68
390	+70
400	+70
410	+58
420	+73
440	+54
460	+75
480	+77
500	+55
525	+51
550	+53
590	+50
630	+66
670	+53
710	+49
750	+50
790	+52
830	+44

309 S→N

0	+89
10	+89
20	+100
30	+101
40	+131
50	+111
70	+140
80	+150
90	+191
95	+221
105	+160
130	+159
150	+145
170	+139
190	+148
210	+119
230	+136
250	+133
275	+127
300	+134
350	+117

310 N→S

0	+67
30	+61
60	+57
100	+65
130	+65
160	+62
190	+60
220	+56
250	+58
270	+59
300	+42
370	+52
430	+50
460	+53
510	+49
540	+54
580	+56
620	+58
670	+39

311 E→W

0	+56
30	+55
60	+61
90	+61

312 E→W

0	+51
25	+50
50	+50
75	+51
100	+52
125	+68
150	+73
175	+71
200	+69
225	+62
250	+64
275	+65

313 S→N

0	+47
25	+47
50	+45
75	+17
100	+36
130	+34
145	+63
160	+54
175	+47
190	+54
205	+61
220	+90
225	+79
235	+68
250	+66
260	+103

314 S→N

0	+44
15	+52
30	+44
45	+40
65	+54
80	+58
85	+50
95	+77
105	+64
110	+58
125	+82
140	+71
155	+64
170	+73
185	+70
200	+70
215	+70
230	+71
245	+66
260	+60
275	+60
290	+62
305	+61
320	+72
335	+72
350	+61
370	+62
390	+59
410	+59
430	+60
450	+47
470	+48
490	+51
510	+50
530	+51
550	+43
570	+39

315 S→N

0	+204
10	+220
20	+225
30	+225
40	+220
55	+227
70	+222
85	+238
100	+243
115	+242
125	+230
140	+224

316 NE→SW

0	—18
20	—23
40	—20
60	—17
80	—27
100	—28
120	—27
140	—19
150	—23
160	—29
170	—30
180	—36
190	—28
205	—42
220	—47
235	—42
250	—48
265	—65
280	—75
295	—92

317 W→E

0	—19
25	—51
50	+86
60	+74
80	+103
100	+84
120	+69
140	+83
160	+178
170	+297
180	+351
190	+241
210	+129
230	+60
250	+32
270	+17

318 N→S

0	+103
10	+63
25	+41

319 W→E

0	—47
10	—42
20	—52
30	+61
40	+15
50	—16
65	—12
80	+14
90	+21
100	+17
120	+21
140	+15
170	+16
185	+17
200	+42
210	+58
220	+100
230	+139
240	+155
250	+161
260	+154
270	+130
290	+101
310	+59
330	+42
350	+17

320 W→E

0	+7
25	—1
50	—8
75	—1
100	+23
120	+23
140	+20
160	+9
180	—11
200	—6
220	+64
240	+122
250	+96
270	+53
300	+27
320	+76
330	+83
340	+109
350	+111
365	+55

321 S→N

0	+55
20	+77
40	+101
60	+14
80	—18
100	—1
120	—12
140	+1
160	+13
180	—5
200	—2
240	—3

322 N→S

0	+21
10	+22
20	+22
35	+17
50	+15
70	+7
95	+16
110	+3
125	—10
135	—25

323 S→N

0	+40
10	+41
25	+47
40	+51
65	+58
90	+86
100	+24
110	+45
120	+61
130	+71
140	+60
150	+51
160	+47
170	—65
180	—17
195	—11
210	—7
235	+20
250	+39
270	+49
290	+76
310	+117
330	+143
350	+147
370	+204
390	+148
410	+101
425	+58
440	+49

324 W→E

0	—50
30	+14
60	+58
90	+31
120	+20
160	+4

325 N→S

0	+4
20	+2
40	0
70	+3
100	+17
115	+21
125	+30

326 E→W

50	+25
80	+37
110	+25
140	+29
170	+29
200	+33
230	+27
260	+45
290	+55
320	+58
345	+84
355	+89
365	+47
375	+70
385	+71
395	+130
405	+79
420	+74
435	+84
450	+111
460	+166

327 S→N

0	—49
15	—33
30	—18
45	—7
60	—17
75	+7
90	+7
105	+12
120	+22
135	+22
150	+26
165	+30
180	+33
195	+36
210	+39
225	+27
240	+26
255	+42
270	+55
285	+72
300	+39
315	+67
330	+130
345	+238
360	+85
375	+144
390	+157
405	+60
420	—122
430	—106

328 E→W

0	+78
10	+161
15	+184
20	+157
30	+140
40	+151
50	+91
65	—90

329 S→N

0	+166
10	+32
25	+93
35	+155
45	+42

330 S→N

0	+45
15	+68
40	+105
50	+66

331 S→N

0	+68
15	+86
30	+93

332 W→E

0	+88
20	+79
40	+70
60	+71
75	+73
90	+73
110	+67
130	+68
145	+60
160	+55
175	+55
190	+49

333 S→N

0	+49
20	+48
40	+48
60	+49
80	+53
100	+57
120	+56
140	+54
160	+56
180	+56
200	+69
220	+82
230	+81
250	+101
260	+97
270	+98
290	+98
310	+100
330	+80
350	+80
370	+76
390	+76
410	+76
430	+58
440	+58
460	+43
470	+58
490	+55
510	+55
530	+59
550	+67
570	+67
590	+66
610	+65
630	+73
650	+72
670	+72
690	+72
710	+71
730	+72
750	+72
770	+72
790	+59
810	+60
830	+60
850	+52
870	+43
890	+41
910	+34
930	+36
950	+32

334 N→S

0	+94
10	+94
20	+100
30	+99
40	+101
50	+94
60	+91

335 SE→NW

0	+93
30	+100
50	+91
70	+89
90	+88
125	+50

336 S→N

0	+44
15	+51
30	+52
50	+62
65	+52
85	+63
105	+54

337 N→S

0	+30
10	+28
20	+23
30	+23
40	+44
50	+37
60	+46
70	+45
80	+57
90	+57
100	+54
110	+49
120	+41
130	+41
140	+40
150	+40
170	+27
180	+29
190	+16
200	+16
210	+10
230	+9
245	+29
260	+29
270	+32
280	+16
290	+23
300	+23
310	+19
320	+35
330	+49
340	+39
350	+37
360	+27
370	+30
390	+24
410	+18
420	+26
430	+23
440	+8
450	+28
460	+7
470	+5
480	0
500	—15
505	+2
510	—9
535	+42
550	+33
560	+33
575	+26
595	+28
600	+49
610	+60
620	+61
640	+60

338 N→S

0	+139
40	+134
60	+134
80	+126
100	+107
120	+115
140	+129
160	+127
170	+127
190	+127
210	+127
230	+127
250	+127
280	+131
310	+140

339 E→W

0	+140
30	+161
60	+150

340 E→W

0	+171
20	+157
40	+156
60	+140
80	+135
100	+159
120	+186
140	+155
160	+165
180	+182
200	+138
220	+165

341 N→S

0	+177
10	+175
20	+192
30	+182
40	+165
80	+187
120	+195
160	+206
200	+223

342 S→N

0	+39
45	+40
80	+41
115	+50
150	+43
170	+25
200	+46
230	+39
260	+50
285	+48
330	+58
350	+61
370	+69
385	+73
400	+81
410	+90
420	+102
430	+114
440	+47

343 S→N

0	+50
15	+73
30	+51
40	+65
55	+66
65	+74
95	+63
100	+72
115	+58
130	+63
145	+62
160	+62
175	+64
190	+74
205	+70
220	+74
230	+56
240	+72
250	+68
265	+67
280	+67
295	+66
310	+56
325	+63
340	+60
350	+66
360	+64
370	+64
380	+66
390	+66
400	+68
410	+58
420	+53
430	+43

344 N→S

0	+39
25	+43
50	+50
80	+62
110	+60
140	+49
170	+59
200	+48
230	+52
260	+55
290	+62
320	+62
350	+60
370	+60
390	+58
410	+63
430	+80
440	+65
450	+62
470	+68

345 N→S

0	+26
25	+26
50	+29
70	+43
90	+31
105	+40

130	+32
155	+40
180	+60
200	+58
215	+69
225	+66
235	+67
245	+83
255	+70
265	+61
275	+61
290	+70

346 S→N

0	+38
20	+35
40	+38
60	+14
80	+12
100	+15
120	+37
140	+27
160	+53
180	+41
200	+38
220	+40
240	+21
260	+38
280	+38
300	+48
320	+53
340	+57
360	+67
370	+68
380	+68
390	+49
400	+55
410	+67
420	+71
430	+61
440	+61
450	+59
460	+64
470	+70
480	+69
500	+61
520	+52
540	+48
560	+48
580	+49
600	+46
620	+46

347 S→N

0	+19
15	+38
30	+38
45	+9
60	+1
75	—1
90	+12
100	—1
115	+2
130	+7
145	+15
160	+24
175	+27
185	+52
200	+43
215	+53
230	+50
245	+46
260	+31
275	+38
290	+44
305	+58
320	+65
335	+76
345	+75
355	+80
370	+85
385	+87
400	+90
415	+100
430	+104
435	+93
440	+93
450	+98
465	+81
480	+78
490	+67
500	+59
515	+21
525	+28
540	+47
550	+45
560	+34
575	+30
595	+18
615	+17
635	+20
655	+43
675	+53
695	+63
715	+63

348 S→N

0	+70
10	+82
25	+68

349 SE→NW

0	+204
20	+211
40	+231
60	+243
80	+269
100	+282
120	+297
140	+301
160	+301
180	+299
200	+295
230	+289
260	+285
290	+296
320	+289
340	+285

350 W→E

0	+280
50	+256
100	+244
150	+234
200	+215
250	+199
300	+189
350	+168
400	+168
450	+153

351 N→S

0	+113
15	+106
30	+105
45	+105
65	+105
95	+138
105	+139
115	+110
125	+108
140	+105
160	+84
180	+77
200	+74
220	+82
240	+59
260	+51
280	+44
300	+32
320	+31
340	+207
345	+212
360	+162
370	+101
385	+80
400	+56
415	+61
440	+50
465	+47
490	+41
515	+42
540	+42
565	+39
590	+36
615	+33
640	+28
665	+21
690	+25
710	+30
730	+19
750	+19
770	+47
785	+49

352 N→S

0	+182
5	+168
10	+166
20	+180
25	+174
30	+160
40	+152
50	+147
60	+146
70	+146
80	+117
90	+138
100	+233
105	+228
110	+209
130	+179
150	+125

353 S→N

0	+71
20	+55
40	+51
60	+61
80	+48
100	+60
125	+62
150	+60
180	+87
200	+88
210	+85
225	+54
240	+60
255	+64
270	+61
285	+65
300	+67
315	+69
330	+87
345	+89
365	+111
380	+115
395	+139
400	+172
410	+159
430	+138
450	+140
470	+142
495	+141

354 S→N

0	+40
25	+50
45	+51
65	+63
75	+63
90	+52
110	+61
130	+61
150	+60
170	+38
190	+60
210	+53
230	+62
250	+62
270	+65

355 S→N

0	+66
10	+87
20	+90
30	+31
50	+26
80	+31
110	+41
130	+43
150	+60
170	+60
190	+69
210	+84
230	+87
250	+83
270	+87
285	+75
300	+84
320	+83
340	+87

356 N→S

0	+35
25	+40
50	+35
75	+35
100	+24
125	+26
150	+39
170	+30
190	+34
210	+38
230	+37
250	+50
270	+50
290	+62
310	+47
330	+43
350	+32
370	+32
390	+30
410	+27
430	+12
450	+16
470	+42
490	+42
510	+41
530	+39
550	+37
570	+37
590	+38

357 E→W

0	+37
20	+24
45	+27
70	+26
95	+40
120	+31
145	+27
205	+45
220	+43
260	+49
285	+59
310	+46
335	+58
360	+63
385	+68
435	+79
460	+78
480	+82

358 E→W

0	+217
50	+210
100	+215
150	+195
200	+175
250	+158
300	+156
400	+139
500	+115

359 N→S

0	+195
50	+170
100	+141
150	+99
200	+79
250	+38
300	+20
350	+23
400	0

360 N→S

0	+36
20	+36
40	+35
60	+34
80	+38
100	+34
130	+36
160	+35
190	+34
220	+14
250	+14
280	+18
310	+9
350	+9
380	+14
410	+21

361 N→S

30	+11
60	+12
110	+23
120	+18
140	+21
170	+28
230	—2
250	—2
270	—1
290	—5
310	—1
340	—1
360	—1
390	+11
420	+11
450	+10
480	+13
510	+17
540	+1
565	+3
595	+14
625	+13
655	+27
675	+24
705	+38
725	+11
755	—4
780	+9
820	+4

362 S→N

0	+15
15	+14
35	+18
60	+4
95	+26
110	+45
125	+44
140	+44
155	+56
165	+57
175	+60
185	+64
195	+72
205	+75
215	+63
225	+58
235	+39
245	+35
265	+53
275	+63
285	+64
295	+61
305	+45

363 S→N

0	+39
20	+50
35	+52
50	+59
65	+61
80	+50

364 S→N

0	+59
15	+68
30	+60
60	+61
75	+58
90	+60
105	+63
120	+72
135	+100
145	+119
155	+169
165	+124
180	+152
185	+137
190	+123
200	—98
210	—10
220	+9
230	+37
240	+37
250	+37

365 E→W

40	+10
70	0
90	—7
110	—3
130	—7
150	—4
170	0
190	+5
210	+13
230	+25
250	+46
260	+49
270	+54
280	+57
290	+62
300	+72
310	+72

366 NW→SE

10	—55
25	+35
35	+56
45	+61
55	+37

367 W→E

0	+66
5	+55
15	+40
30	+34
50	+17
70	+1
90	+1
120	—54
140	—25
160	—42
180	—63
200	—55
220	—63
240	—65

368 N→S

0	+87
20	+91
35	+101
45	+135
55	+139
65	+109

369 W→E

0	+119
10	+112
20	+160
25	+218
30	+160
35	+78

370 S→N

0	+113
5	+88
10	+89

15	+146
20	+171
25	+88
30	+33
35	+36
40	+54
45	+47
55	+51
65	+58
75	+56
90	+61
100	+47
110	+52
120	+49

371 S→N

0	—20
20	—38
40	+2
60	+12
80	+21
100	+20
115	+27
130	+35
145	+22
160	+35
180	+37
200	+25
220	+38
240	+22
260	+13
280	+8
300	—1

372 S→N

0	+86
20	+95
40	+87
60	+122
70	+99
80	+98
90	+97
100	+93
110	+85
120	+96
130	+98
140	+77
150	+68
160	+73
175	+70
190	+91
205	+78
220	+74
235	+80
250	+79
265	+79
280	+77

373 S→N

0	+71
10	+89
35	+78
55	+71
75	+77
95	+86
115	+87
135	+87
155	+86
175	+87
195	+86
215	+85
240	+86
260	+85
280	+89
310	+87

374 NE→SW

0	+85
20	+87
40	+95
60	+97
80	+98
95	+108
110	+100
120	+95
140	+107
150	+105
170	+117

375 S→N

0	+9
10	+9
20	+28
30	+28
40	+29
50	+42
60	+42
70	+38
80	+37
90	+55
100	+55
110	+88
120	+58
130	+26
140	+26
150	+26
160	+16
170	+16
180	+17
190	+46
220	+27
210	+29
220	+21
230	+13
240	+13
250	+13
260	+14
270	+2
280	+5
290	+14
300	+30
310	+30
320	+26
330	+24
340	+23
350	+22
360	+27
370	+28
390	+10
400	+9
410	+10
420	+21
430	+42

376 S→N

0	+110
10	+115
20	+115
30	+116
35	+142
40	+152
45	+123
50	+125

377 S→N

0	+42
25	+47
40	+41
55	+46
70	+43
85	+40
100	+36
110	+28
125	+38
140	+30
155	+37
170	+37
185	+38
200	+39
220	+39
235	+36
260	+39
280	+40
300	+37
320	+34
340	+36

378 S→N

0	+48
15	+48
30	+49
45	+48
60	+34
75	+49
90	+49
110	+47
130	+50
145	+49
160	+50
190	+49
205	+28

379 S→N

0	+28
15	+28
30	+24
45	+32
60	+39
75	+34
90	+41
105	+45

380 N→S

0	+20
20	+30
40	+37
55	+40
70	+41
85	+37
105	+34
120	+35
130	+60
135	+64
140	+65
155	+38
170	+32
185	+32
200	+15

381 S→N

0	+49
10	+49
25	+36
55	+35
75	+36
95	+44
115	+37
145	+36
165	+35
185	+29
205	+32
225	+35
250	+42
275	+36
300	+44
325	+40
350	+42
370	+55
390	+38

382 N→S

0	+5
15	+14
30	+12
45	+18
60	+15
75	+13
90	+12
105	+15
120	+16
140	+13
155	+12
170	+ 3
185	+11
200	+13
215	+15
230	+15
250	+11
270	+16
290	+16
310	+17
330	+14
350	+13
370	+13
390	+15
410	+19
430	+9
455	+26
495	+30
505	+18
515	+43

383 S→N

0	+58
15	+56
30	+45
45	+27
60	+12
75	+5
85	—13
100	—7
110	—21
120	—36
130	—38
140	—37
150	—19
160	+24
170	+47
180	+66
190	+56
200	+44
210	+32
230	+30
250	+29

384 N→S

0	+226
5	+109
10	+89

385 S→N

0	+70
5	+70
10	+82
15	+82
20	+83
25	+81
30	+123
35	+114
40	+105
45	+128
50	+180
55	+103
60	+66
65	+66
70	+84
75	+102
80	+123
85	+150
90	+161
95	+133
100	+114
105	+78

386 S→N

0	+107
10	+110
20	+102
30	+99
40	+100
50	+110
60	+113
70	+110
80	+111
90	+115
100	+116
110	+113
125	+107
140	+87
155	+87
170	+86
185	+93
200	+96

387 S→N

10	+29
35	+22
50	+19
65	+9
80	+19
100	+39
115	+32
135	+32
150	+34
170	+32
190	+31
210	+35

388 S→N

0	+26
20	+12
40	+21
60	+22
80	+35
100	+23
120	+44
140	+20
160	+20
180	+24
200	+21
220	+21
240	+23
260	+16
280	+9
300	+16

389 N→S

0	+18
40	+14
80	+25
120	+47
160	+27
200	+22
240	+18
280	+20
320	+22
360	+32
400	+22
440	+19
480	+19

390 S→N

0	+38
10	+64
20	+114
30	+76
35	+40
45	+36
55	+39
65	+42

391 E→W

0	+18
10	+21
20	+21
30	+29
50	+1
65	+4
80	+7
90	+13
100	+16
110	+29
120	+33
130	+34
140	+39
150	+50
160	+57
170	+43

392 W→E

0	+3
15	+28
25	+28
35	+16
45	+9
50	+2
65	+6
80	0
95	+40
110	+46
120	+64
130	+66
140	+66
150	+70
160	+62
170	+39
180	+38
190	+52
200	+34
210	+27

393 W→E

0	+57
10	+69
20	+79
30	+76
40	+100
45	+95
55	+95
65	+65
80	+54
90	+35
100	+30
110	+30
120	+29
130	+29

394 W→E

0	+6
10	+22
20	+37
30	+57
40	+89
45	+121
50	+185
55	+312
60	+397
75	+258
80	+218
85	+159
90	+90
100	+85
110	+58
120	+53

395 W→E

0	—4
10	—4
20	—1
40	+36
50	+54
60	+62
70	+66
80	+137
85	+182
90	+206
100	+223
110	+181
120	+160
130	+120
140	+80

396 W→E

0	—38
10	+26
25	+50
35	+28
45	+43

397 W→E

0	+59
10	+89
20	+89
30	+57
40	+42
50	+35
60	+46
70	+60
80	+71
90	+94

398 S→N

0	+54
10	+38
20	+24
40	+14

399 W→E

0	—32
10	—4
20	—5
30	—3
40	—3
50	—4
60	0

400 W→E

0	+43
10	+17
20	+18
60	—10
70	+14
80	+12

401 S→N

0	+7
10	+18
20	+32
30	+49
40	+68
50	+76

402 SE→NW

0	+126
10	+208
20	+125
30	+120

403 E→W

0	—7
5	—40
15	—14
25	—38

404 N→S

0	+3
25	+11
50	+11
75	+12
100	+18

405 W→E

0	+18
20	+18
30	+21
40	+5
50	+14
65	+17

406 N→S

0	—24
10	—22
25	—32
40	—34
55	—24
70	—54
85	—57
95	—92
105	—54
115	—26
125	—2
130	+57
140	+12
145	+4
150	0

407 S→N

0	—29
10	+24
20	+125
25	+252
35	+38
45	—7
55	—47

408 NW→SE

0	+6
15	—19
35	—24
50	—46
60	—57
65	—2
70	+28
80	+103
85	+72
90	—3
100	+72
105	+51
115	+18

409 NW→SE

0	+10
10	+38
20	+14
30	+21
40	+105

410 NW→SE

0	—2
10	—2
20	—10
30	—14
40	—8
50	—9
60	+3
70	—2
80	+52
90	+24
100	—20

411 NW→SE

0	—1
10	—6
40	—5
55	—7
60	+24
65	+7
75	—24

412 N→S

0	—4
10	—21
20	—47
30	+10
40	+77
50	+174
60	+13
70	—6
80	+41
90	+12

413 W→E

0	+17
20	+7
40	+20
60	+22
80	+22
100	+16
120	+8
140	+2
160	+15
180	+9
200	+9
220	+5
240	+19
260	+18
280	+14
300	+25
320	+26
360	+36
380	+43
400	+41
420	+31

414 S→N

0	+24
10	+28
20	+28
30	+41
40	+48
50	+53
60	+53
70	+63
80	+91
85	+103
95	+59
105	+35
120	+26
135	+23

415 N→S

0	+11
10	+12
20	+12
30	+5
40	+11
50	0
60	+4
70	+17
80	—3
90	—1
100	—1
110	—3
120	—2
130	+4
140	—1
150	—1

416 SE→NW

0	—11
10	—46
20	—22

417 E→W

0	+3
20	+2
50	+21
60	+25
65	+27
70	+26
80	+31
90	+28
100	+27

418 W→E

0	+46
5	+50
15	+45
25	+45
35	+50
55	+38
65	+48
75	+48

419 N→S

0	—22
30	—12
40	—24
60	—66
70	—86
75	—183
80	—112
90	+21
100	+30
115	+76
135	+76

420 N→S

0	—40
10	—78
20	—78
30	—115
40	—172
50	+22
60	+14
70	+38
80	+87
90	+118
100	+108
110	+106
125	+94

421 S→N

0	+63
50	+57
70	+59
90	+59
110	+59
120	+55
130	+55
140	+30
150	+39
160	—5
170	—138
180	—84
190	—5
200	—39
210	—39
220	—24
230	—15
240	—29
250	—30
260	—30
280	—17
300	—17
320	—15
340	—18
360	—18
380	—12
400	—12
420	—29

422 S→N

0	+32
15	+47
25	+80
35	—15
45	—47
60	—145
75	—115
100	—64

423 N→S

0	+84
50	+86
100	+107
200	+147

424 E→W

0	+62
5	+66
20	+59
35	+66
50	+63
60	+64
75	+67
85	+58

425 N→S

0	+58
10	+62
20	+47
30	+45
40	+45
50	+40
65	+42
85	+42
105	+44
130	+42
155	+45
175	+44

426 W→E

0	+44
30	+50
60	+48
90	+49
120	+47
150	+48
180	+48
200	+62
210	+51
220	+58
230	+49
250	+47
270	+47
290	+34

427 E→W

0	+76
10	+77
20	+76

428 S→N

0	+76
10	+74
20	+73
30	+77
35	+64

429 N→S

0	+130
10	+226
20	+134

430 W→E

0	+72
30	+71
40	+71
50	+63
60	+63
70	+63
80	+65
90	+66
100	+65
110	+78
120	+78
130	+81
150	+81
160	+112
165	+104
170	+89
180	+71
190	+64
200	+64
210	+54
220	+55
230	+42
240	+46
250	+54
260	+54
270	+54
280	+55
290	+42
300	+43
310	+43
320	+52
330	+46
340	+65
350	+57
360	+52
370	+60
380	+61
400	+59
410	+59
430	+80
440	+74
460	+84
470	+171
475	+235
480	+214
490	+137
500	+92

431 E→W

0	+41
10	+41
20	+51
30	+56
40	+56
50	+58
60	+94
70	+70
80	+84
90	+64
100	+60
110	+60

432 N→S

0	+123
10	+146
15	+137
20	+129

433 S→N

0	+55
10	+69
20	+55
30	+68
40	+72
50	+78
65	+72
75	+46
85	+44
100	+43
115	+44
130	+47
140	+58
150	+61
160	+61
170	+61

434 S→N

0	+49
10	+49
20	+49
30	+55
40	+75
45	+71
55	+40
65	+49
75	+62
85	+66
95	+79
105	+101
110	+51
120	+63
130	+67
140	+66

435 W→E

0	+59
10	+69
20	+82
30	+82
40	+82
50	+82
60	+81
70	+81
80	+66
90	+66
100	+66
110	+65
120	+65
130	+55
140	+55
150	+46
160	+45

436 W→E

0	+52
10	+50
20	+54
30	+57
35	+50
40	+53
50	+54
55	+52
65	+52

437 S→N

0	+55
10	+55
20	+65
30	+61
40	+61
50	+61
60	+101
70	+61
80	+40
85	+40

438 W→E

0	+50
10	+50
20	+48
30	+49
40	+49
50	+50

60	+50
70	+55
80	+51
90	+49

439 S→N

0	+54
5	+53
10	+63
15	+76
20	+48
35	+39
45	+39
55	+40

440 S→N

0	+129
10	+121
20	+122
30	+122
40	+121
50	+123
60	+125
70	+139
80	+152
90	+159
100	+152
105	+120
110	+105
115	+114
130	+118

441 E→W

0	+90
10	+97
20	+98
30	+103
40	+100
50	+118
60	+120
70	+124
80	+127
90	+121
100	+124
110	+121
120	+116

442 E→W

0	+130
10	+120
20	+113
30	+124
40	+123
50	+123
60	+121
70	+122
80	+129
90	+120
100	+120
110	+135
120	+135
125	+160
130	+151
140	+163
150	+167
160	+165
170	+156
180	+156
190	+166
200	+156
210	+167
220	+163
230	+163
240	+156
250	+156
260	+156
270	+142
280	+142
300	+140
320	+140
340	+151
360	+161
380	+149
400	+149
420	+146

443 SW→NE

0	+108
10	+108
20	+92
30	+92
40	+86
50	+96
60	+96
70	+102
80	+89
90	+89
100	+81
110	+78
120	+78
130	+81
140	+81
150	+75
160	+75
170	+75
180	+75
190	+79
200	+79
220	+79
230	+79
250	+82
270	+82
290	+82
310	+82
330	+82
350	+75

444 E→W

0	+60
5	+60
10	+61
15	+66
20	+62
25	+56
30	+73
35	+73
40	+73
50	+100
55	+83
60	+78

445 W→E

0	+131
5	+182
10	+88
15	+60
30	+60

446 E→W

0	+56
10	+61
15	+67
20	+76
25	+92
30	+120
35	+115
45	+94

447 N→S

0	+55
5	+140
10	+118
15	+101
20	+114
25	+98
30	+86
35	+85

448 W→E

0	+82
10	+67
20	+56
30	+79
40	+79
50	+62
60	+38
70	+40
80	+44
90	+45
100	+37
110	+39
120	+30
130	+30
140	+41
150	+41
160	+41

449 E→W

0	—49
15	—37
30	—30
45	—32
60	—36
75	—23
90	—40
105	—44
120	—20
135	—16
150	—39
165	—47
180	—54
195	—49
210	—54
225	—36
245	—49
265	—44
285	—44
305	—44

450 W→E

0	—92
10	—87
20	—108
30	—124
40	—114
50	—4
60	+44
70	+52
80	+35
90	+35
100	+42
110	+39
120	+29
130	+44
140	+15
150	+11
165	+18
180	+14
190	0
200	+21
210	+28
220	+27
230	+30
240	+39

451 N→S

0	+45
10	+63
20	+101
30	+81
40	+72
55	+63

452 E→W

0	+112
10	+112
20	+117
30	+124
40	+130
50	+124
60	+131
80	+136
100	+128
120	+135
140	+137
160	+150
180	+138
200	+120
220	+141
240	+145
260	+151
280	+173
290	+168
300	+175
310	+175
320	+182
330	+184
340	+198
360	+182
370	+190
380	+196
390	+198
400	+193

453 W→E

0	—51
20	—35
40	—36
65	—38
90	—32
115	—36
145	—49
160	—35
175	—35
190	—30
240	—7
290	—13

454 W→E

0	+1
10	—6
20	—6
30	—6
50	+14
60	—1
70	+1
80	+7
90	+8
130	+37
140	+31
150	+49
160	+59
170	+41
180	+50

455 N→S

0	+50
10	+41
15	+41
20	+45
35	+42
45	+29
55	+48
65	+48
115	+49

456 S→N

0	+38
50	+30
100	—13

457 E→W

0	+227
25	+248
50	+246
75	+260
100	+259
125	+273
150	+295
175	+273
200	+279
225	+313
250	+312

458 N→S

0	+337
25	+326
50	+330
75	+354
100	+351
125	+371
150	+373
175	+351
200	+373
225	+367
250	+371
275	+360
300	+360
325	+359

459 E→W

0	+343
20	+338
40	+335
60	+336
80	+324
100	+320

460 N→S

0	+321
50	+297
75	+290
100	+284
125	+281
150	+272
175	+262

461 E→W

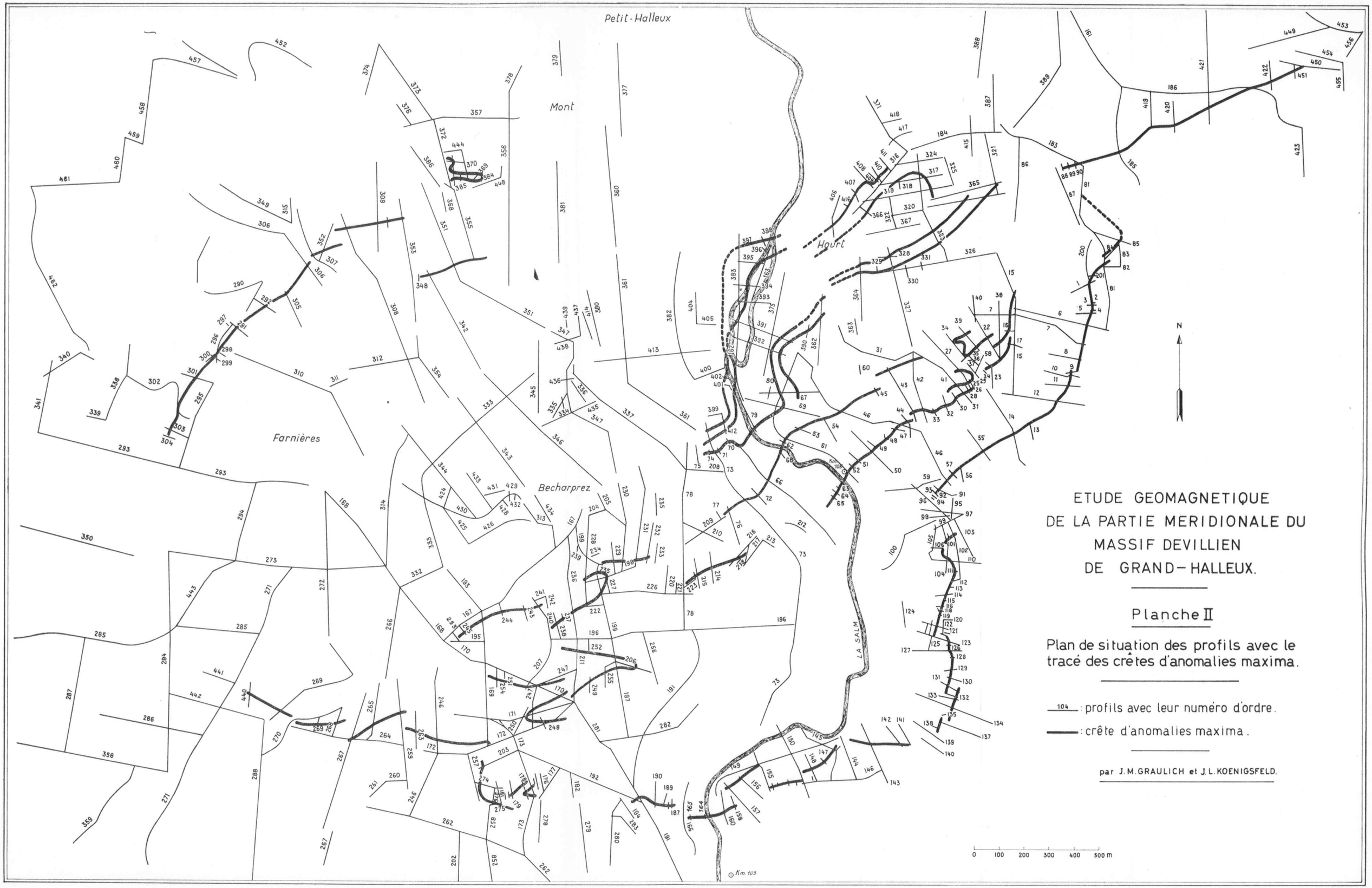
0	+261
25	+262
50	+262
75	+270
100	+263
125	+264
165	+265
205	+264
245	+263
285	+242
350	+233

462 N→S

0	+233
25	+240
50	+227
75	+224
100	+215
125	+221
150	+230
175	+243
200	+265
225	+253
250	+260
275	+248
315	+234
355	+212
395	+203
435	+184
475	+187
525	+168
575	+158
625	+164
700	+167

BIBLIOGRAPHIE

1. ANTHOINE, R., 1940. — La fenêtre de Falize-Ligneuville. *Ann. Soc. Géol. de Belgique*, t. 63, pp. M. 3-43.
2. CORIN, F., 1927. — La stratigraphie et la tectonique du massif Devillien de Grand-Halleux. *Ann. Soc. Géol. de Belgique*, t. 49, pp. M. 26-66.
3. CORIN, F., 1927. — Compte rendu de la session extraordinaire de la Société Géologique de Belgique tenue à Vielsalm. *Ann. Soc. Géol. de Belgique*, t. 50, pp. B. 291-333.
4. DUHOUX, P. V., 1938. — Etude géomagnétique du massif de Hourt. *Ann. Soc. Géol. de Belgique*, t. 62, pp. M. 107-150.
5. EVRARD, P., 1942. — Quelques remarques au sujet de la courbe d'anomalie magnétique verticale due à une couche mince inclinée. *Bull. Soc. Royale des Sciences de Liège*, 1952, n° 2, pp. 105-119.
6. EVRARD, P. et KOENIGSFELD, J. L., 1944. — Levé géomagnétique du Salmien supérieur manganésifère de la vallée de la Lienne. *Ann. Soc. Géol. de Belgique*, t. 67, pp. M. 473-494.
7. GAIBAR-PUERTAS, C. et HOGE, E., 1951. — Description et interprétation provisoire de quelques observations géomagnétiques et géologiques effectuées sur le massif de Serpont. *Bull. Soc. Belge de Géologie*, t. 60, pp. 374-397.
8. GRAULICH, J. M., 1954. — Le Cambrien-Trémadocien. Prodrome d'une description géologique de la Belgique. *Soc. Géol. de Belgique.*
9. HOGE, E., 1935. — Etude des anomalies de la composante verticale dans la région des Hautes Fagnes. *Mém. de l'Inst. d'Astronomie et de Géodésie de l'Université de Liège*, n° 3, pp. 9-17.
10. HOGE, E., 1937. — Résultats d'un levé magnétique détaillé dans la région de Sourbrodt. *Mém. in-4° de l'Académie Royale de Belgique* (Classe des Sciences), t. XI, 2e série, 1937.
11. LAHAYE, E., KOENIGSFELD, L., DE VUYST, A., HOGE, E., 1957. — Nouveau levé magnétique de la Belgique. *Institut Royal Météorologique de Belgique*, Publications, série A, n° 5.
12. LOHEST, M., FORIR, H., 1900. — Stratigraphie du massif cambrien de Stavelot. *Annales Soc. Géol. de Belgique*, t. 25*bis*, pp. 74-119.
13. MAGNÉE (DE), I. et RAYNAUD, J., 1943. — Etude magnétique de la tectonique du Cambrien du Brabant à l'Est de Court-Saint-Etienne. *Ann. Soc. Géol. de Belgique*, t. 67, pp. M. 495-546.
14. RAYNAUD, J., 1952. — Contribution magnétique à la connaissance géologique du massif de la Gette. *Ann. Soc. Géol. de Belgique*, t. 75, pp. B. 283-292.



ETUDE GEOMAGNETIQUE DE LA PARTIE MERIDIONALE DU MASSIF DEVILLIEN DE GRAND-HALLEUX.

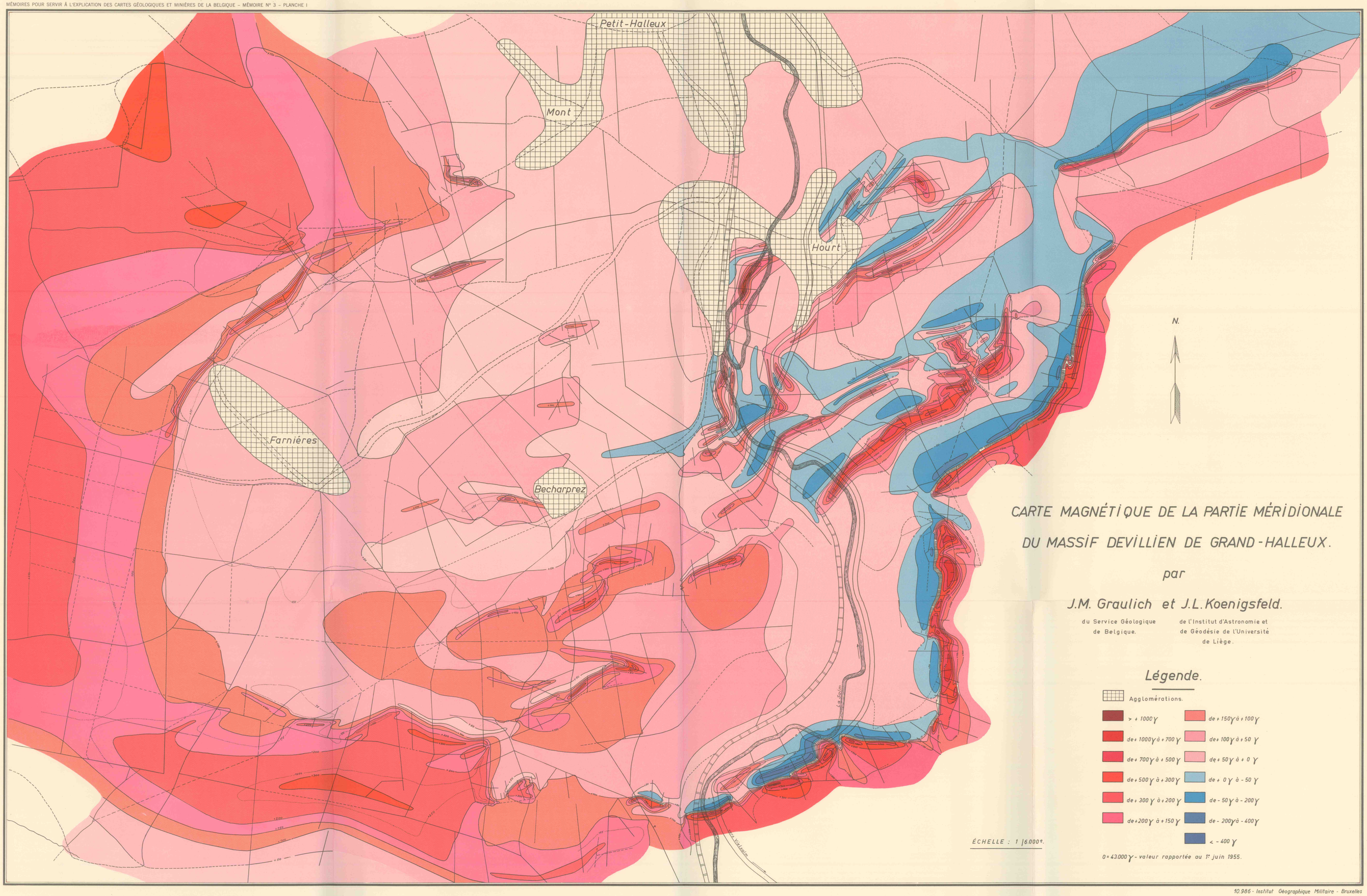
Planche II

Plan de situation des profils avec le tracé des crêtes d'anomalies maxima.

104 : profils avec leur numéro d'ordre.

: crête d'anomalies maxima.

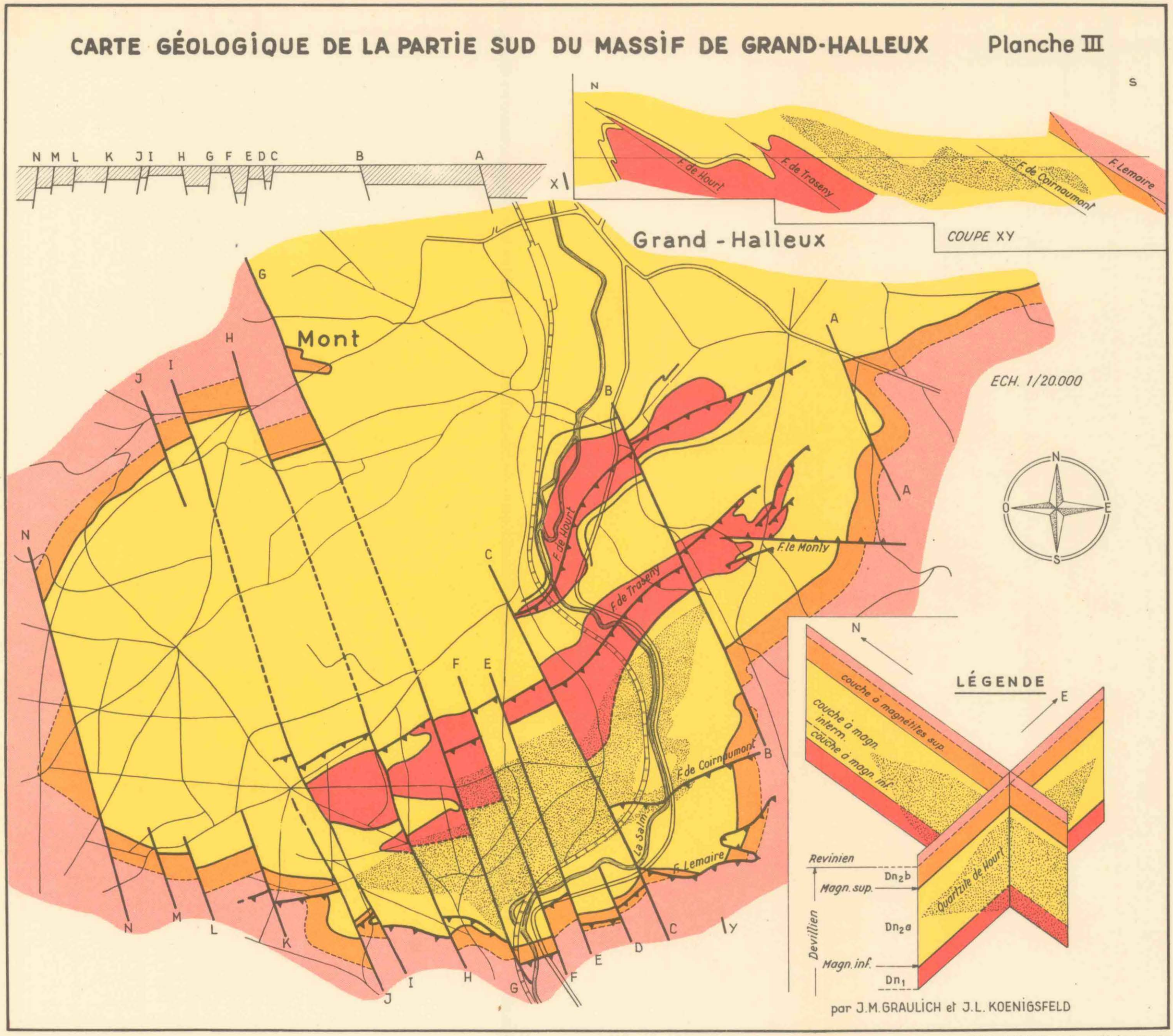
par J.M. GRAULICH et J.L. KOENIGSFELD.



10.986 - Institut Géographique Militaire - Bruxelles
Dessiné par J.M. GRAULICH

CARTE GÉOLOGIQUE DE LA PARTIE SUD DU MASSIF DE GRAND-HALLEUX

Planche III



par J.M. GRAULICH et J.L. KOENIGSFELD

11.486 - Institut Géographique Militaire - Bruxelles
Dessiné par J.M. GRAULICH