

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

---

COMITÉ NATIONAL DE GÉOGRAPHIE

COMMISSION DE L'ATLAS NATIONAL

---

ATLAS DE BELGIQUE  
PLANCHE 5.

---

# PESANTEUR

PAR

L. JONES



1955

---

**Sorti des Presses  
de l'Institut Géographique Militaire  
La Cambre — Bruxelles**

---

*Le Comité national de Géographie et la Commission de l'Atlas laissent aux auteurs l'entière responsabilité des opinions émises dans les articles destinés aux Commentaires de l'Atlas de Belgique.*

# PESANTEUR

(PLANCHE 5)

## 1. — QUELQUES DEFINITIONS.

Chaque science, chaque technique a son langage propre : elle emploie des termes qui n'ont souvent tout leur sens que pour le spécialiste, alors qu'ils sont sujets à interprétation de la part du non initié. Aussi nous paraît-il indiqué de commencer le présent commentaire par quelques définitions fondamentales se rapportant aux termes usuels dans les études de pesanteur.

Tout d'abord, qu'entend-t-on par *pesanteur* ? TARDI en donne la définition suivante, dont tous les mots ont leur importance (1) :

« La *pesanteur* est la *résultante* de la *gravité* et de la *force centrifuge*. C'est ce que » CLAIRAUT exprimait déjà en 1743 dans son ouvrage célèbre : *Théorie de la figure de la Terre* : " Je fais ici la même distinction que M. DE MAUPERTUIS entre la *pesanteur* et la *gravité* : *j'entends par pesanteur la force naturelle avec laquelle tout corps tombe et j'appelle gravité la force avec laquelle ce corps tomberait, si la rotation de la Terre n'altérait pas son effet et sa direction*". »

Il s'agit donc d'une force que nous pouvons exprimer sous la forme classique du produit d'une masse par une accélération :

$$P = M \times g$$

M étant la masse du corps qui tombe, *g* son accélération.

Dans la pratique, l'objet des mesures de pesanteur est la mesure, non de la force, mais de l'*accélération de pesanteur g*. Et ce sont les valeurs de celle-ci en divers points d'une région qui sont exploitées suivant les méthodes que nous passons en revue par la suite.

En toute rigueur, le mouvement du corps qui tombe est provoqué par la résultante de plusieurs forces : l'attraction de la Terre et la force centrifuge due à la rotation de celle-ci; ces forces sont prépondérantes, et de loin, sur celles constituées par l'attraction des astres, en particulier le Soleil et la Lune.

Pour alléger le langage, on parle de : *la pesanteur*, alors qu'on devrait dire : *accélération de pesanteur*; on emploie même les termes *gravité*, *gravimétrie*, *anomalies gravimétriques*, *études gravimétriques* alors qu'on envisage, respectivement : *l'accélération de pesanteur*, *la mesure de celle-ci*, *ses anomalies*, et *l'exploitation de cette mesure pour des but divers*.

(1) P. TARDI. — [1]. Fasc. II. (Paris, Gauthier-Villars, 1934.)

## 2. — L'INTERET DES MESURES DE PESANTEUR.

L'évolution de la gravimétrie vaut d'être signalée, en ce que cette évolution a intéressé des disciplines diverses, tant scientifiques qu'économiques.

2.1. Initialement rattachée à la *Physique*, la gravimétrie est devenue très tôt une partie de la *Géodésie*, cette science dont le but fondamental est la détermination de la forme de la Terre. S'il est vrai que les nombreuses *mesures d'arcs de méridien* ont permis de calculer les dimensions les plus probables d'un *ellipsoïde de référence* — figure mathématique se rapprochant le plus du *géoïde* dont l'image est la surface des océans idéalement prolongée sous les continents — s'il est vrai également que les *mesures astronomiques* permettent de *situer* le *géoïde* par rapport à l'ellipsoïde, il faut constater que ces méthodes n'ont été applicables, *jusqu'à ces toute dernières années*, qu'aux continents dont l'étendue est relativement réduite et dont la répartition sur la Terre entière n'est pas toujours favorable au but poursuivi. Par contre, il est possible de faire des mesures de pesanteur sur la Terre entière : les mesures gravimétriques sur terre sont aisées, rapides, économiques et peuvent être multipliées considérablement; les mesures sur mer, si elles en sont encore à prendre leur essor, sont appelées à un développement important.

Le principe de la détermination de la figure de la Terre par la gravimétrie, dépouillé de tous ses détails complexes, est le suivant :

La valeur de la pesanteur en un point quelconque de la Terre dépend en ordre principal de la nature (*densité*) et de la *répartition* des masses situées entre la surface topographique et le *géoïde*; elle dépend également des mêmes éléments relatifs aux masses situées *en dessous* du *géoïde*. Si l'on parvient à « *chiffrer* » l'action de ces masses, on pourra corriger la valeur *observée* de la pesanteur et l'on obtiendra une valeur représentant la pesanteur *sur le géoïde*, à la *verticale de la station envisagée*. D'autre part, on connaît la figure mathématique qui se rapproche le plus du *géoïde* : c'est l'ellipsoïde international. Sur celui-ci on peut calculer les valeurs *normales*  $\gamma$  (théoriques) de la pesanteur. La différence, pour toute station, entre la valeur observée de la pesanteur réduite au *géoïde* et sa valeur normale s'appelle *l'anomalie de la pesanteur*. La *formule de Stokes*, qui met en œuvre les anomalies de pesanteur, permettra enfin de situer la *géoïde* par rapport à l'ellipsoïde (3).

Un autre problème important de la *Géodésie* est la détermination *précise* de l'altitude d'un certain nombre de points à la surface de la Terre : c'est à ce problème que s'attaquent les *nivellements de précision*. Les opérations de ceux-ci étant intimement liées aux positions relatives des verticales le long des cheminements suivis, la définition même de l'altitude d'un point posant déjà un problème (la « verticale » sous un point du sol est une *courbe* normale en tous ses points aux surfaces de niveau), il faudra, pour être rigoureux, faire appel aux résultats gravimétriques pour exploiter les mesures de nivellement.

2.2. Les études sur la connaissance de *l'intérieur de la Terre* ont pris, ces dernières décades, une ampleur qui est certainement en relation avec la nécessité pour l'humanité de trouver de nouvelles, et toujours plus de matières premières : notre propos est d'évoquer maintenant la *Géophysique*.

Du point de vue de la Science, la gravimétrie peut donner *certain*s renseignements sur la constitution de l'écorce terrestre, dans un domaine qui prolonge en quelque sorte celui de la

(3) R.-P. LEJAY. — [3]. (Paris, Gauthier-Villars, 1947.)

Géologie : constitution, épaisseur de l'écorce terrestre; allures du substratum; grands accidents profonds, etc.

Quant à l'aspect pratique de la Géophysique, deux mots évocateurs le situent : la *prospection minière*. Ici, l'exploitation des mesures gravimétriques se cantonne aux anomalies qui existeraient à *faible profondeur*; répartition des densités, répartition des masses, allures des couches géologiques. Les progrès réalisés dans la construction des appareils de mesures de pesanteur (les gravimètres) et la solution des problèmes propres à la prospection minière ont eu leurs répercussions sur la Géodésie et la Géophysique scientifique.

La nécessité de pouvoir déceler des anomalies de pesanteur *très petites* (recherche du pétrole) a entraîné la construction de gravimètres très sensibles : l'unité *c.g.s.* d'accélération de pesanteur est le *gal* (cm/sec/sec); les gravimètres actuels permettent de mesurer le *centième de milligal* (mgal) ( $10^{-5}$  gal). Mais, dès lors, un phénomène naturel risquait de « voiler » une anomalie gravimétrique existante, et avait une répercussion défavorable au rendement des opérations de mesure : il s'agit des *marées terrestres* (2). L'écorce terrestre n'est pas rigide; elle est soumise aux actions de la Lune et du Soleil : à l'instar des masses océaniques, elle subit un mouvement périodique dans le sens vertical, dont l'amplitude serait de l'ordre de quelques décimètres. Cette marée terrestre est enregistrée par les gravimètres sous la forme d'une variation de *g* de l'ordre de 0,15 mgal (amplitude maximum). L'étude de la marée de l'écorce, menée, ces dernières années, sur une grande échelle par les compagnies pétrolières a été une contribution importante à la recherche pure.

2.3. Nous terminerons en signalant que physiciens et météorologistes sont intéressés par les études gravimétriques en ce qu'elles ont trait à la détermination de cette valeur de la pesanteur qu'ils ont convenu de dénommer : *valeur normale* (sous 45° de latitude et au niveau de la mer). Celle-ci admise égale à 980 665 mgal a, en quelque sorte, un caractère conventionnel : doit-on la conserver, ou la modifier ? C'est une question qui est soulevée; actuellement, elle n'est pas résolue.

### 3. — L'ETABLISSEMENT DES CARTES GRAVIMETRIQUES DE LA BELGIQUE.

3.1. Pour dresser la carte gravimétrique d'un pays, il faut commencer par des opérations de mesure de *g* en un nombre suffisant de points, dont l'altitude et la latitude doivent être connues. On calcule ensuite, en chaque point, les anomalies de pesanteur, de l'une ou l'autre espèce suivant le but poursuivi. On termine par le tracé, par interpolation, des courbes isanomaiales (de même anomalie). Nous allons examiner successivement chacune de ces opérations.

3.2. **Mesure de l'accélération de pesanteur *g*.** — On pourrait croire qu'il est nécessaire de mesurer *g* en chaque point, c'est-à-dire de procéder à une *mesure absolue* en chaque point. Il n'en est rien. La mesure absolue de *g* est longue et délicate; elle fait, encore actuellement, l'objet de recherches; la précision atteinte, si elle est supérieure aux mesures d'il y a cinquante ans, n'est pas encore très grande : de l'ordre de quelques mgal. De toute façon, l'appareillage de la mesure absolue est de laboratoire : on ne peut imaginer qu'il puisse servir en campagne pour des opérations de levé systématique.

(2) P. MELCHIOR. — [2]. (Obs. Roy. Belg., Monographies 4, 1954.)

Il n'en est pas de même pour les *mesures relatives de g* : si la valeur de  $g$  est connue en un point, la mesure de la *différence de g* entre ce point et un autre  $M$  permettra d'arriver au même résultat que celui d'une mesure absolue de  $g$  en  $M$ . Le plus ancien procédé est celui du pendule : on sait que la période d'oscillation d'un pendule de longueur  $l$  est donnée par la formule :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

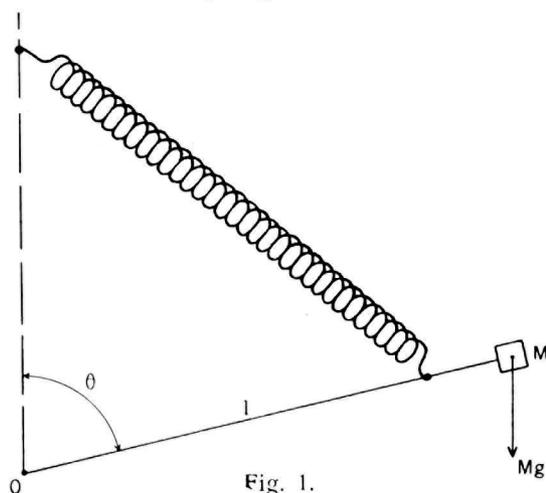


Fig. 1.

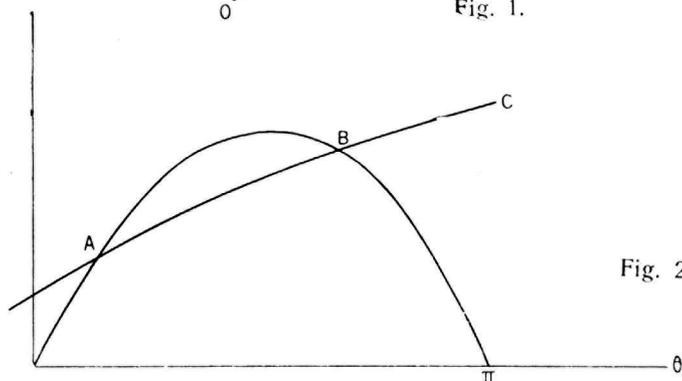


Fig. 2.

Mesurant les périodes  $T$  en  $A$  et en  $B$  on pourra déduire la valeur de la différence de  $g$  entre  $A$  et  $B$ , sans pour cela devoir connaître  $l$ , ce qui est important. Cette méthode, semi-absolue, a été employée couramment en campagne avant l'introduction des gravimètres; mais la durée des observations, l'encombrement du matériel, n'ont jamais permis de réaliser une grande densité de stations; en outre la précision est limitée, principalement du fait que le résultat dépend d'une mesure du temps.

L'utilisation des gravimètres a permis de résoudre le problème des mesures relatives de  $g$  d'une manière qui satisfait et aux exigences de précision de la mesure, et aux exigences de rendement quantitatif des opérations de levé. Il existe plusieurs types de gravimètres : nous nous limiterons à exposer le principe du gravimètre dit pendulaire (3). Supposons (*fig. 1*) une masse  $M$  susceptible de tourner autour d'un axe horizontal; le couple dû à la pesanteur a pour valeur  $Mgl\sin\theta$ ; en fonction de  $\theta$  ce couple est représenté par une sinusoïde (*fig. 2*). D'autre part, si l'on fait agir un couple antagoniste (par exemple : action d'un ressort), représenté par une courbe  $c$  en fonction de  $\theta$ , il y aura équilibre *stable* au point d'intersection  $B$  (3).

(3) R.-P. LEJAY. — [3]. (Paris, Gauthier-Villars, 1947.)

Dans le gravimètre Norgaard qui a servi au levé de la Belgique, le couple antagoniste est constitué par la torsion d'un fil de quartz.

3.3. **Le gravimètre Norgaard.** — L'élément essentiel consiste en un système de quartz (fig. 3) : une monture en quartz, en forme de cadre, a l'un de ses côtés constitué par un fil  $f$

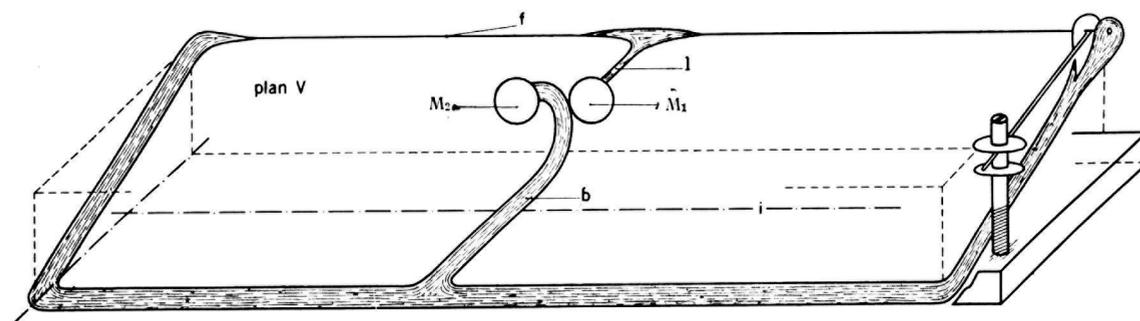


Fig. 3.

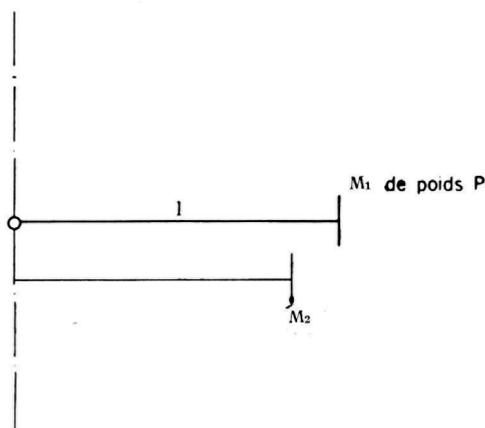


Fig. 4.

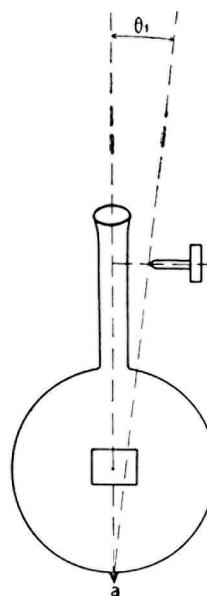


Fig. 5.

de 0,1 mm de diamètre; ce fil est muni d'un bras de levier 1 terminé par un miroir  $M_1$ . Le couple de pesanteur agissant sur la masse de  $M_1$  est équilibré par le couple de torsion  $\mu$  du fil. Un miroir  $M_2$  est fixé au cadre par un bras  $b$ . Lorsque les plans de  $M_1$  et de  $M_2$  sont parallèles, suivant un plan vertical, la pesanteur a une valeur  $g_0$ , telle que les deux couples sont égaux (fig. 4) :

$$P.g_0.l. = \mu.$$

Si la pesanteur varie, devenant par exemple

$$g_1 > g_0$$

le bras 1 s'incline d'un angle  $\theta_0$  et

$$P.g_1.l.\cos\theta_0 > \mu.$$

Le principe de la mesure consiste, non à mesurer  $\theta_0$ , mais à incliner le système de quartz autour d'un axe horizontal  $i$  jusqu'à ramener les deux plans des miroirs à être parallèles :

dès cet instant, si l'angle d'inclinaison a été  $\theta_1$ , le couple de pesanteur  $P.g_1.l.\cos\theta_1$  est équilibré par le couple de torsion  $\mu$  et

$$\text{ou} \quad P.g_1.l.\cos\theta_1 = P.g_0.l$$

$$g_1 = \frac{g_0}{\cos\theta_1}$$

$$\text{ou} \quad g_1 - g_0 = g_r = F(\theta_1).$$

La mesure de  $\theta_1$  est réalisée comme suit : une source lumineuse envoie un rayon sur les miroirs : l'image réfléchiée par  $M_2$  constitue un repère fixe; celle réfléchiée par  $M_1$  constitue une image mobile. Quand les deux images coïncident, c'est que les miroirs sont parallèles. Tout l'appareil peut donc tourner autour d'un axe  $a$ , l'angle d'inclinaison étant enregistré par une vis micrométrique, sous la forme de la valeur de sa tangente (*fig. 5*); deux mesures sont faites, symétriquement par rapport à la verticale : leur moyenne, calculée en mgal, fournit un nombre  $g_{r^1}$  lié à la valeur de la pesanteur  $g_1$  de la station. En une autre station on obtiendra  $g_{r^2}$ , d'où

$$g_{r^2} - g_{r^1} = (g_2 - g_0) - (g_1 - g_0) = g_2 - g_1.$$

Ce qui précède montre que le gravimètre Nrgaard est un appareil de mesure semi-absolue : en effet, il ne doit pas être *étalonné*, c'est-à-dire qu'il n'y a pas lieu de déterminer la valeur, en mgal, d'une division de l'échelle (1). D'autre part, n'étant pas thermostaté, le Norgaard ne nécessite pas l'emploi de batteries d'accus; mais, si l'appareil est calorifugé, il est néanmoins nécessaire d'appliquer une correction de température. Enfin, du fait que le couple de torsion varie avec le temps, le fil étant toujours au travail, il existe une *dérive* des mesures qui est assez grande : de 1 à 2 mgal par jour, selon les conditions de transport (4.5).

**3.4. Le levé gravimétrique de la Belgique (5).** — Exécuté en 1947-1948, le levé gravimétrique du pays était devenu une réalité grâce à l'initiative de MM. CHARLIER, DE MAGNÉE, FOURMARIER, GILLIARD, LAHAYE et PAUWEN dont la proposition d'acquisition d'un gravimètre avait été agréée par le Fonds National pour la Recherche scientifique.

Un réseau de base, comportant 26 stations, a été mesuré en réalisant deux liaisons au moins entre les stations prises deux à deux. Un réseau de détail, comportant des stations réparties à raison d'une station par 140 km<sup>2</sup>, s'appuie sur le réseau de base. Chacun de ces réseaux a fait l'objet d'une compensation des erreurs de mesures.

Relativement au point fondamental, la précision des valeurs de  $g$  est caractérisée par une erreur moyenne quadratique de l'ordre de 0,3 mgal.

La carte des anomalies de BOUGUER montre la répartition de l'ensemble des quelque trois cents stations levées.

Le point fondamental est la cave gravimétrique de l'Observatoire Royal de Belgique dont la valeur de la pesanteur fut déterminée en 1925 par VENING MEINESZ par une liaison pendulaire avec DE BILT (Hollande).

(1) La formule qui permet de calculer le nombre  $g_r$  est de la forme suivante :

$$\text{où} \quad g_r = \frac{1}{2}.g_0 \left( \frac{m.A}{D + m.B} \right)^2$$

$m$  est la lecture faite à la vis micrométrique, en mm;

$A, B, D$  sont des constantes métriques, distinctes pour chaque instrument;

$g_0$  est la valeur de la pesanteur moyenne de la région où l'instrument doit être employé; cette valeur peut être modifiée par une modification de la torsion du fil de quartz.

(5) L. JONES. — [5]. (Inst. Géogr. Mil., 1948.)

L'altitude et la latitude des stations ont été déterminées d'après la carte.

En quoi consistent les anomalies qui furent calculées ?

(i) *Anomalie de Bouguer.* — Cette anomalie de pesanteur est exprimée par la différence

$$g' - \gamma_0.$$

$\gamma_0$  est la valeur normale de la pesanteur à l'aplomb de la station, c'est-à-dire la pesanteur sur l'ellipsoïde supposé homogène.

Quant à  $g'$  c'est la valeur *observée* de la pesanteur, mais ramenée au niveau zéro : à cette fin on calcule l'attraction, au point de station (*fig. 6*), d'une couche d'épaisseur  $H$  constante depuis la station et, autour d'elle, jusqu'à 160 km; il en résulte une correction de la pesanteur au point considéré. Dès ce moment, tout se passe comme si le gravimètre se trouvait « en l'air » en  $S$ , l'écorce ayant été « rabotée » sous lui jusqu'au niveau de la mer. Il reste à appliquer une correction

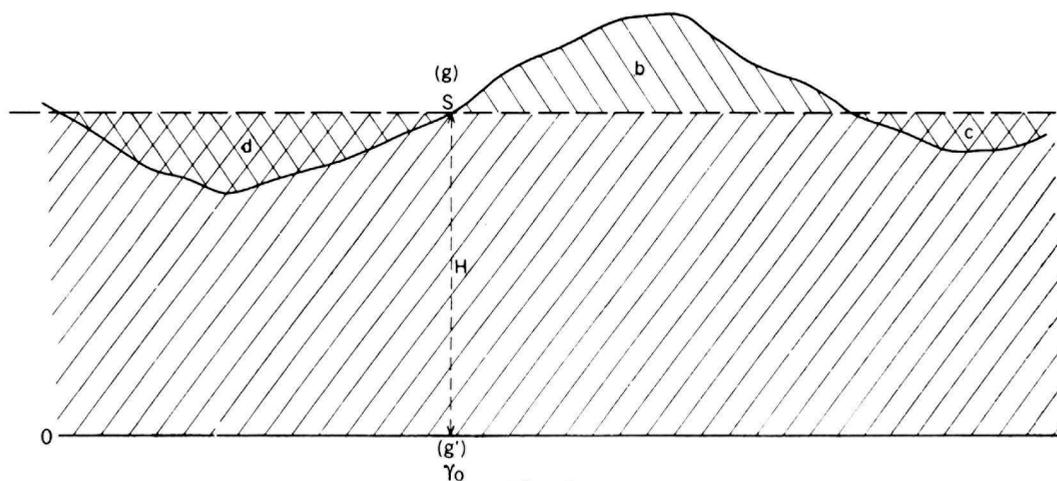


Fig. 6.

d'altitude (dite « à l'air libre ») pour obtenir  $g'$ . L'ensemble de ces corrections est la correction de BOUGUER dont le calcul est simplifié par l'emploi de tables. En toute rigueur, il faut encore procéder à une correction « de relief » : c'est-à-dire calculer l'influence des masses  $a, b, c, \dots$  : ce calcul est long, quoique facilité par l'emploi de tables. Dans le cas de la Belgique on s'est limité à calculer la correction de relief pour quelques stations qui pouvaient être particulièrement influencées par le relief (par exemple, le long de la Meuse, ou dans des vallées encaissées de l'Ardenne) : l'ordre de grandeur obtenu a été tel que l'on a estimé pouvoir se dispenser du calcul de cette correction, vu la précision conclue sur les valeurs de  $g$ .

Il reste à signaler que la correction de BOUGUER a été appliquée en utilisant des densités différentes comme l'avait suggéré M. DE MAGNÉE; nous référant à la légende de la carte, on remarquera que la densité 2,65 correspond à la densité moyenne du primaire, celle de 2,1 aux sédiments récents; dans la zone intermédiaire, on a déterminé les épaisseurs moyennes (*fig. 7*) pour chacune des densités 2,1 et 2,65, par l'examen des dossiers de sondages du Service Géologique et en nous appuyant sur les avis judicieux de M. LEGRAND qui s'occupait à l'époque de dresser sa carte du socle paléozoïque.

- (ii) *Anomalies isostatiques.* — La correction de BOUGUER, avec ses approximations, a tenu compte de ce qui se trouve *au-dessus* du géoïde, pour ce qui concerne l'attraction provenant des masses proches et lointaines, sous réserve des différences qui *pourraient* exister entre la réalité et l'hypothèse de densité et de répartition uniforme. L'anomalie de BOUGUER comprend donc ces différences, mais aussi les effets des causes perturbatrices situées en profondeur *sous* le géoïde. L'étape suivante qui tente de corriger ces dernières est la correction isostatique.

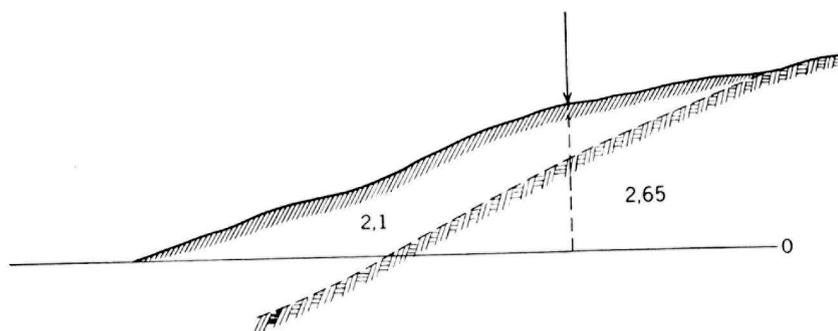


Fig. 7.

La théorie isostatique a pris corps durant la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, à l'occasion d'une controverse entre PRATT et AIRY : pourquoi la déviation observée de la verticale aux Indes, provenant de la présence de l'Himalaya, était-elle sensiblement plus petite que celle donnée par le calcul de l'influence attractive de

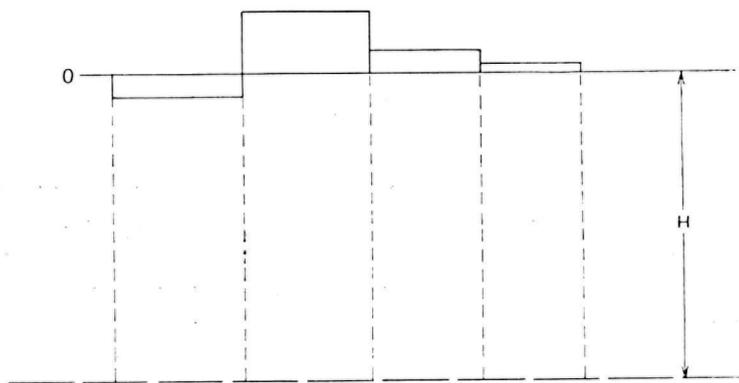


Fig. 8.

la masse même de l'Himalaya ? Passons sur les détails : ce qui devait ressortir des discussions fut que la cause devait être une *compensation* de l'Himalaya *située en profondeur*. Les conceptions relativement à cette compensation ont été résumées en deux grandes hypothèses auxquelles PRATT et AIRY ont attaché leurs noms :

PRATT estime (*fig. 8*) qu'il doit exister à une profondeur  $H$  une surface d'équilibre hydrostatique; les masses au-dessus de celle-ci seraient partout les mêmes. Il en doit résulter des densités variables : plus petites sous les montagnes, plus grandes sous les océans.

AIRY estime que chaque portion de la croûte terrestre doit être en équilibre isostatique, la densité moyenne étant partout la même : d'une façon imagée, plus les montagnes sont hautes, plus elles s'enfoncent dans le magma visqueux (*voir légende de la carte des anomalies isostatiques*).

Dans les deux hypothèses, la correction isostatique consiste dans le calcul de l'influence, sur la station envisagée, des masses compensatrices en profondeur.

Dans le cas de la Belgique, les corrections, partant des anomalies, isostatiques ont été calculées pour sept hypothèses différentes :

*Système de Pratt* : profondeurs de compensation de 113,7 km, 80 km, 50 km;

*Système d'Airy* : épaisseurs d'écorce de 20, 30, 40, 60 km.

La densité adoptée pour le calcul de l'anomalie de BOUGUER a été cette fois uniforme et égale à 2,67.

On verra plus loin pour quelles raisons la seule hypothèse d'AIRY, 60 km, a été conservée pour être présentée dans l'Atlas.

#### 4. — CONSIDERATIONS SUR L'INTERET DES ANOMALIES GRAVIMÉTRIQUES EN BELGIQUE.

4.1 De 1921 à 1928, M. FRANÇOIS, Docteur en Sciences, déterminait la pesanteur en 24 stations du pays, par des observations pendulaires avec l'appareillage VON STERNECK de l'Observatoire. Cette œuvre de précurseur mérite d'être rappelée par la carte ci-contre (*fig. 9*) (6). Celle-ci n'est pas la carte originale : M. FRANÇOIS avait en effet calculé les anomalies en utilisant des densités locales, propres à chaque station, et il avait employé la formule de HELMERT (1901) pour la pesanteur normale  $\gamma_0$ . Afin de pouvoir comparer, nous avons recalculé les anomalies des stations FRANÇOIS avec les mêmes données que celles de notre carte. L'examen comparatif des deux cartes établies à quelque vingt ans d'intervalle ne doit pas étonner : s'il était fort délicat de tenter une interprétation géologique, ou géophysique de la carte de 1928 ne comportant que 24 stations, la prudence est toutefois recommandable dans une interprétation analogue de la carte de 1948. Mais dans celle-ci, le nombre de stations (ca 300) permet de faire ressortir, s'ils existent, les grands traits géologiques du pays. En ce sens, une constatation vaut d'être signalée : en 1953, quelque 1.500 stations ont été levées en Campine (entre Poppel, Turnhout, Kasterlee, Tessenderloo, Eisden) avec un gravimètre cinq fois plus précis que le Norgaard : le tracé des isanomales de la carte de 1948 est confirmé dans ses grandes lignes, mais des particularités apparaissent à certains endroits, qui étaient voilées fatalement dans l'interpolation à 5 mgal du réseau Norgaard.

Le réseau pendulaire de CH. FRANÇOIS nous paraît avoir présenté les deux grands avantages suivants : avoir montré que notre pays était le siège d'anomalies gravimétriques telles qu'elles justifiaient une étude plus fouillée; avoir fourni les valeurs de la pesanteur en quelques points du pays, ce qui devait permettre le contrôle des levés ultérieurs.

Le réseau plus dense au gravimètre Norgaard a considérablement précisé l'emplacement des anomalies de BOUGUER : celle, positive, du nord, celle, négative, du sud et de l'est; mais il a fait apparaître des zones d'anomalies que la répartition du petit nombre des stations

(6) CH. FRANÇOIS. — [6]. (An. de l'Obs. Roy. de Bel S, n° 10.)

pendulaires ne permettait pas de déceler : ainsi l'anomalie négative des Flandres et celle d'Eupen. En outre, la connaissance de  $g$  en un grand nombre de points facilite maintenant les levés de détail et leur exploitation.

**4.2. La carte des anomalies de Bouguer.** — M. DE MAGNÉE a été le premier à faire un commentaire de la carte des anomalies de BOUGUER (7). Certaines de ses déductions ont été confirmées *a posteriori* lors de l'établissement des cartes d'anomalies isostatiques.

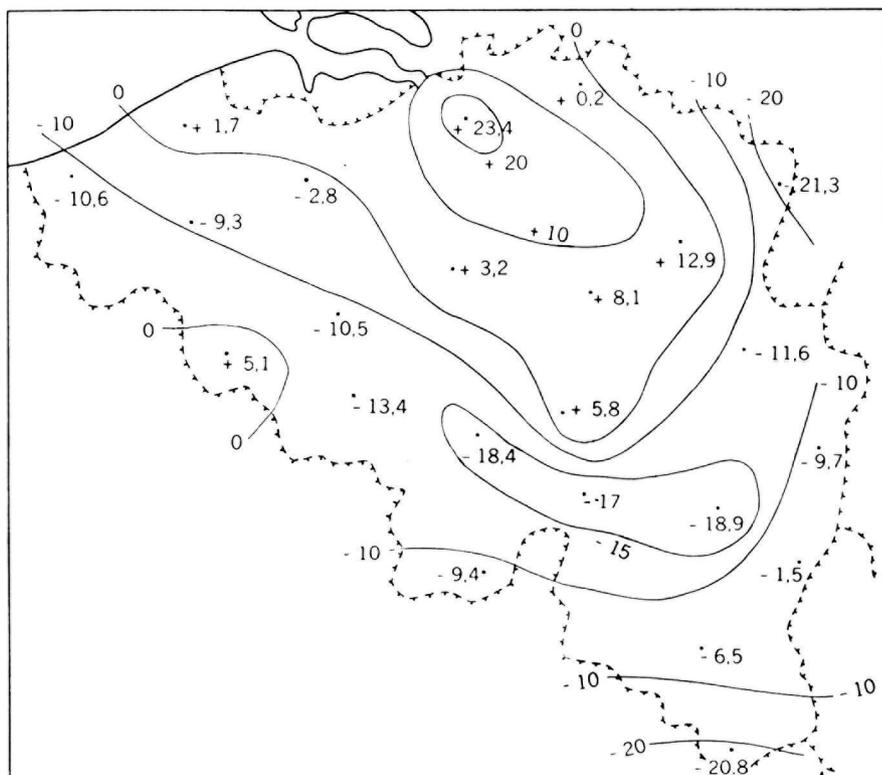


Fig. 9.

D'une façon générale, « à l'exception du coin N-E du Limbourg et du pays de Mons, toutes les zones d'anomalies mises en évidence par la carte gravimétrique selon BOUGUER ont des causes *profondes ou très profondes* ». Cette carte « donne une image fidèle de la répartition des masses dans une zone de plusieurs dizaines de kilomètres de profondeur : en effet des anomalies locales ne peuvent avoir faussé la signification individuelle des mesures ».

Avec beaucoup d'à-propos, DE MAGNÉE classe les anomalies en deux groupes :

a) Les anomalies qui sont interprétables par nos connaissances géologiques : ainsi l'anomalie négative des Ardennes, déficit de masse... « il s'agit manifestement de l'influence de la racine de sial qui assure l'équilibre isostatique de cette chaîne » ; ainsi, le dernier synclinal de la chaîne hercynienne, le grand sillon houiller Haine-Sambre-Meuse, caractérisé par une bande d'anomalies à fort gradient ; ainsi, « l'anomalie du graben de Roermond où le remplissage de ce grand effondrement par des sédiments tertiaires de faible densité provoque évidemment une forte anomalie négative ». Enfin, le bassin de Mons n'apparaît pas sur la carte car l'utili-

(7) I. DE MAGNÉE. — [7]. (Bul. Soc. bel. de Géol., T. LVII, fasc. 3, 1948.)

sation des données de sondages pour l'établissement des anomalies de BOUGUER l'a fait disparaître, ne laissant subsister que le gradient positif du bord nord.

b) Les anomalies non interprétables par nos connaissances géologiques actuelles : la configuration des deux zones d'anomalies négatives en Ardenne; l'anomalie des Flandres qui coïncide avec la présence de roches éruptives. « Les lois de l'isostasie fournissent une explication possible. L'anomalie négative des Flandres est suffisamment étendue pour que l'on puisse supposer que l'isostasie intervient pour la compenser lentement... par une lente surrection ».

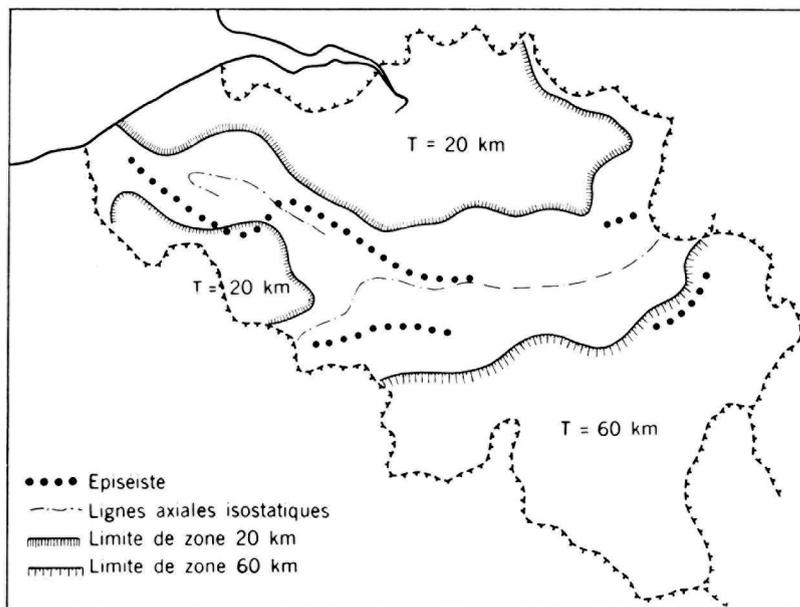


Fig. 10.

L'anomalie positive axée sur le Ruppel-Dyle-Démer pose un point d'interrogation. « Si la tendance à l'équilibre isostatique est opérante pour l'anomalie des Flandres, à plus forte raison doit-elle agir pour l'anomalie du Rupel-Démer, mais évidemment en sens inverse : en principe il doit s'agir d'une zone de subsidence... On voit immédiatement l'importance au point de vue de l'explication de l'évolution du réseau hydrographique : la disposition singulière des affluents du Rupel s'en trouverait expliquée d'un seul coup. »

**4.3. La carte des anomalies isostatiques.** — La lecture des commentaires ci-dessus est remarquablement illustrée par l'examen des anomalies isostatiques. Mais des résultats provenant d'autres recherches géophysiques aideront à mieux saisir cette assertion.

En géophysique une discipline isolée est impuissante à expliquer toutes les énigmes du sous-sol. Aux résultats gravimétriques, le géologue joint ses connaissances certaines, et ses hypothèses.

L'anomalie positive du Rupel-Démer reste inexpliquée du géologue car il est « particulièrement pauvre en sondages dans la région en question » (7).

Voyons si les résultats de la Géodésie et de la Séismologie pourraient contribuer à une exploitation plus complète des anomalies gravimétriques.

L'exécution d'un nouveau réseau de nivellement de précision (le *Deuxième Nivellement Général*) a été l'occasion de procéder à la comparaison des altitudes actuelles et anciennes d'un

(7) I. DE MAGNÉE. — [7]. (Bul. Soc. bel. de Géol., T. LVII, fasc. 3, 1948.)

certain nombre de repères (10) : il s'agit là d'un travail de plusieurs années, qui ne sera achevé qu'avec la fin de l'établissement du nouveau réseau. Toutefois, les premiers résultats sont intéressants : il y a surrection en Ardenne, subsidence dans la région d'Anvers-Malines : la concordance apparaît avec les résultats gravimétriques et les considérations géologiques.

Avant de passer aux conclusions actuelles de la séismologie, il nous faut revenir à l'exploitation qui fut faite des anomalies isostatiques, car celle-ci fut réalisée en ignorant délibérément les premières afin de ne pas être influencé par elles. Du fait que l'on possédait pour chaque station les anomalies isostatiques dans sept hypothèses, on a cherché (8) quelle hypothèse donnerait éventuellement les anomalies les plus petites; le résultat de cette étude est donné par la figure 10 : c'est l'hypothèse d'AIRY, mais pour une épaisseur d'écorce  $T = 60$  km au sud et  $T = 20$  km au nord et à l'ouest. Entre ces zones se trouve une zone intermédiaire où le passage se réalise de 20 à 60 km tout en présentant une caractéristique intéressante : celle de lignes axiales isostatiques dont l'une axée sur Roulers-Oudenaarde indiquerait une épaisseur d'écorce de 60 km et l'autre axée sur le sillon Sambre et Meuse indiquant une incertitude quant à un choix pour l'une ou l'autre hypothèse. En conclusion, « il est évident que les limites des zones isostatiques ont un caractère relatif : il en est de même pour l'épaisseur donnée par l'hypothèse à anomalie minimum. Mais il n'en reste pas moins que la carte des anomalies minima fait apparaître une *variation de l'épaisseur de l'écorce terrestre en Belgique* » plus faible au nord, plus forte au sud, avec une partie centrale intermédiaire « ayant deux aspects : de Valenciennes à Visé un passage progressif de 20 à 60 km (ordres de grandeur) et, dans l'ouest du pays, la présence d'un long « bourrelet » de 60 km d'épaisseur séparant deux blocs de 20 km fortement rapprochés ». L'existence de ces « blocs » jointifs d'épaisseurs différentes, reposant, flottant en quelque sorte sur le magma visqueux, doit laisser supposer la tendance vers un équilibre hydrostatique sur une même surface de compensation : il doit en résulter des mouvements verticaux de subsidence pour les épaisseurs faibles et de surrection pour les épaisseurs fortes; ce que tend à confirmer les résultats des nivellements.

Quant à la séismologie, CH. CHARLIER avait déjà signalé (12) après l'enregistrement de l'explosion d'Héligoland en 1948 que l'écorce devait aller en s'amincissant du sud vers le nord. D'autre part, son étude des séismes depuis 1910 montrait un phénomène tout particulier : toutes les aires pléistoséistes (aires où le séisme est ressenti avec le plus de force) se situent toujours dans les mêmes parties du pays; et celles-ci sont justement dans la zone isostatique intermédiaire.

En conclusion (9), « l'examen de détail de toutes les données de la séismologie, de la gravimétrie et de la géodésie (nivellement) fait constater une remarquable concordance. Ce qui suit est une vue d'ensemble de la question, en même temps qu'un plan de travail pour l'avenir.

- » a) Une première constatation est que les aires pléistoséistes de tous les séismes récents jalonnent la zone isostatique intermédiaire; les épiséistes (qui sont les lieux des épïcêtres des séismes; l'épicentre étant le point de la surface à la verticale du foyer du séisme) coïncident avec les lignes axiales isostatiques ou sont symétriques par rapport à celles-ci. De telles correspondances sont caractéristiques d'une " zone de faiblesse relative de l'écorce ". Elles conduisent naturellement à déceler la " cause première " ou cause initiale lointaine de tous les séismes belges.

(8) L. JONES. — [8]. (I.G.M., 1951.)

(9) CH. CHARLIER et L. JONES. — [9]. (Ac. Roy. de Belg. Bul. de la Cl. des Sc., 5<sup>e</sup> sér., T. XXXVII, 1951.)

(10) L. JONES. — [10]. (Bul. Soc. bel. de Géol., T. LIX, fasc. 1 et 2, 1950.)

(12) CH. CHARLIER. — [12]. (Obs. Roy. de Belg., série S, n° 3.)

- » b) La comparaison des nivellements actuels et de 1892 a montré que le pays, dans son ensemble, est en surrection dans le sud et en subsidence dans le nord; ces mouvements correspondent au jeu de blocs d'épaisseurs différentes recherchant leur équilibre hydrostatique. L'allure générale du réseau hydrographique de la Belgique semble trouver ainsi son explication.
- » c) La forme particulièrement locale, allongée, à parois abruptes, du bourrelet de 60 km expliquerait les différences obtenues par divers séismologues pour les profondeurs hypocentrales du séisme du 11 juin 1938 (de  $38 \pm 8$  km à  $67 \pm 15$  km). »

Il va de soi que ce qui précède constitue une hypothèse; des critiques ont été faites relativement à la méthode employée pour déterminer les anomalies isostatiques minima, et partant les zones isostatiques, et ces critiques sont sérieuses. Mais il y a un ensemble de *faits* qui sont par eux-mêmes convaincants. Il faut bien reconnaître qu'on en est au début d'une étude; les comparaisons des nivellements doivent être poursuivies, la Géodésie apportera encore les résultats des études sur les déviations de la verticale, les nivellements de précision ceux des études sur les erreurs de nivellements dont les causes semblent liées à des mouvements du sol d'origine encore indéterminée, la gravimétrie continuera ses prospections systématiques et réitérées. L'avenir dira si l'hypothèse actuelle peut être une réalité ou doit être rejetée.

Nous serions incomplet si nous n'évoquions la relation des résultats gravimétriques avec ceux du magnétisme. Nous avouons ne pas constater de relation bien particulière entre eux : nous pensons que la cause en est au caractère très général des cartes en cause. Il est possible qu'il n'en serait pas de même s'il s'agissait de comparer deux levés, l'un gravimétrique, l'autre magnétique, chacun à forte densité de stations, et s'adressant à une région typiquement perturbée (région faillée par exemple). Tel n'est pas le cas ici. Au demeurant les cartes magnétiques de l'Atlas ne sont pas des cartes d'anomalies magnétiques mais bien plutôt de champ magnétique : la comparaison serait difficile, et même, à notre avis, elle ne s'indique pas.

Ainsi se trouve épuisé le sujet de ce commentaire. On aura pu constater que l'étude gravimétrique de la Belgique a contribué à préciser notre connaissance du sous-sol belge et qu'elle a permis à d'autres branches des sciences géophysiques d'intégrer certains de leurs résultats dans un cadre plus large.

Bruxelles, le 5 février 1955.

#### BIBLIOGRAPHIE.

1. P. TARDI. — *Traité de Géodésie*. Fasc. II. (Paris, Gauthier-Villars, 1934.)
2. P. MELCHIOR. — *Les Marées terrestres*. (Obs. Roy. Bel., Monographies 4, 1954.)
3. R.-P. LEJAY. — *Développements modernes de la gravimétrie*. (Paris, Gauthier-Villars, 1947.)
4. I. DE MAGNÉE et P. EVRARD. — *Le gravimètre Norgaard*. (Ann. Soc. Géol. de Belg. T. LXX, B. 35-48, 1946.)
5. L. JONES. — *Le levé gravimétrique de la Belgique (1947-1948)*. (Inst. Géogr. Mil., 1948.)
6. CH. FRANÇOIS. — *Recherches sur l'intensité de la pesanteur en Belgique*. (An. de l'Obs. Roy. de Belg., 3<sup>e</sup> sér., Tomes I et II.)
7. I. DE MAGNÉE. — *Commentaire géologique sur la nouvelle carte gravimétrique de la Belgique*. (Bul. Soc. bel. de Géol., T. LVII, fasc. 3, 1948.)
8. L. JONES. — *Les anomalies isostatiques en Belgique*. (I.G.M., 1951.)
9. CH. CHARLIER et L. JONES. — *L'apport de la séismologie, de la gravimétrie et de la géodésie dans la connaissance actuelle de l'écorce terrestre en Belgique*. (Ac. Roy. de Belg. Bul. de la Cl. des Sc., 5<sup>e</sup> sér., T. XXXVII, 1951.)
10. L. JONES. — *Les premiers résultats de la comparaison du Deuxième Nivellement Général (1948) avec les nivellements anciens*. (Bul. Soc. bel. de Géol., T. LIX, fasc. 1 et 2, 1950.)
11. CH. CHARLIER. — *Etude systématique des tremblements de terre belges récents (1900-1950)*. IV<sup>e</sup> partie : *La séismicité de la Belgique*. (Obs. Roy. de Belg., série S, n<sup>o</sup> 10.)
12. CH. CHARLIER. — *Deuxième Rapport sur l'explosion d'Héligoland*. (Obs. Roy. de Belg., série S, N<sup>o</sup> 3.)

# ZWAARTEKRACHT

---

## SAMENVATTING.

Nadat de schrijver aan enkele fundamentele bepalingen herinnerd heeft (§ 1), gaat hij over tot het geven van een overzicht der verschillende domeinen van toepassing der zwaartekrachtmetingen : bepaling van de vorm der Aarde, nauwkeurigheidswaterpassingen, kennis van het inwendige der Aarde, getij der aardkorst (§ 2).

Paragraaf 3 is gewijd aan het opstellen der gravimetrische kaarten van België : de gravimeter Norgaard, die gebruikt werd, is in zijn principieel beschreven; de manier waarop het gravimetrisch net opgemaakt werd, de berekening der BOUGUER-anomalieën en der isostatische anomalieën zijn uiteengezet.

Welke besluiten heeft men, tot op heden, uit de gravimetrische kaarten van België kunnen trekken ? Dat is het onderwerp van paragraaf 4. Men ziet er de vergelijking in voorkomen van de gravimetrische gegevens met de huidige kennis van de geologie van het land : talrijke correlaties zijn waargenomen, maar er blijven niettemin zekere vraagtekens, namelijk de positieve gravimetrische anomalie van Rupel-Dijle-Demer.

Uit de vergelijking gravimetrie-seismologie-naukeurigheidswaterpassing is een *hypothese* vooropgesteld over de mogelijk samenstelling der aardkorst onder België.

---

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

---

COMITÉ NATIONAL DE GÉOGRAPHIE

COMMISSION DE L'ATLAS NATIONAL

---

ATLAS DE BELGIQUE

COMMENTAIRE DE LA PLANCHE 5.

---

# LE GÉOMAGNÉTISME EN BELGIQUE

PAR

EDMOND HOGE.



1957

---

**Sorti des Presses  
de l'Institut Géographique Militaire  
La Cambre — Bruxelles**

---

*Le Comité national de Géographie et la Commission de l'Atlas laissent aux auteurs l'entière responsabilité des opinions émises dans les articles destinés aux Commentaires de l'Atlas de Belgique.*

# LE GÉOMAGNÉTISME EN BELGIQUE.

Commentaire de la planche 5.

## I. — NOTIONS DE GÉOMAGNÉTISME.

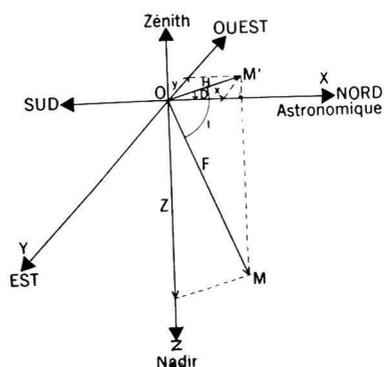
1. Le géomagnétisme ou magnétisme terrestre constitue un chapitre important de la géophysique ou physique du globe, science qui a pour objet l'étude des propriétés physiques de la Terre. Le géomagnétisme envisage spécialement l'ensemble des phénomènes magnétiques dont notre globe est le siège.

2. Une aiguille aimantée librement suspendue par son centre de gravité prend en un point quelconque de la surface terrestre et à un instant donné une certaine direction. Celle-ci est généralement variable dans l'espace et dans le temps. La Terre est, en effet, le siège d'un champ magnétique que l'on peut assimiler dans une première approximation :

- a) soit à celui d'une sphère uniformément aimantée dont le rayon serait égal ou inférieur à celui de la Terre;
- b) soit à celui d'un petit aimant qui serait placé au centre de la Terre et dont l'axe magnétique serait légèrement incliné sur l'axe de rotation du globe. Le pôle Sud de cet aimant serait dirigé vers le pôle Nord géographique de la Terre et son pôle Nord vers le pôle Sud géographique. Afin d'éviter toute confusion à ce sujet, il importe de bien remarquer que ce que l'on appelle généralement le pôle Nord magnétique de la Terre est en réalité un pôle Sud du point de vue magnétique. C'est en effet vers ce point que se dirige le pôle Nord d'une aiguille aimantée. (Loi d'attraction des pôles de noms contraires);
- c) soit à celui qui serait engendré par des courants électriques qui circuleraient à l'intérieur du globe.

3. Il existe de nombreuses théories relatives au champ magnétique terrestre. Rappelons simplement que la théorie classique de ce champ est due à Gauss. Elle fut publiée en 1830 sous le titre : « Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus ». Dans cette théorie, Gauss ne fait aucune hypothèse physique; il suppose simplement que le champ magnétique dérive d'un potentiel. Il arrive ainsi à rendre compte tout au moins d'une façon approchée, de la distribution du champ magnétique observée sur le globe. L'étude analytique de ce champ montre qu'il est dû essentiellement à des causes provenant de l'intérieur de la Terre. Une faible partie seulement aurait une origine externe.

#### 4. LES ELEMENTS MAGNETIQUES.



Soit O un point quelconque de la Terre.

Considérons en ce point un système d'axes rectangulaires OXYZ défini comme suit :

OX dirigé positivement vers le Nord géographique,  
 OY dirigé positivement vers l'Est géographique,  
 OZ dirigé positivement vers le nadir.

Le champ magnétique terrestre en O peut être représenté par un vecteur  $\vec{F} = \vec{OM}$ .

C'est la direction que prendrait une aiguille aimantée parfaitement équilibrée placée en O.

Projetons  $\vec{OM}$  sur le plan horizontal OXY en  $OM'$ .

Définissons à présent les éléments suivants :

*Méridien magnétique* : c'est le plan vertical ZOM' passant par OZ et par  $\vec{OM}$ .

*Déclinaison magnétique* : c'est l'angle D formé par le méridien magnétique ZOM' et le méridien géographique ZOY.

La déclinaison est occidentale ou orientale suivant que  $OM'$  est à l'Ouest ou à l'Est de OY. On affecte généralement la déclinaison du signe + lorsqu'elle est orientale et du signe — lorsqu'elle est occidentale.

Actuellement (1956) la valeur de la déclinaison magnétique à Uccle (Bruxelles) est de l'ordre de  $-6^\circ$ . On dira plus souvent qu'elle a pour valeur  $6^\circ$  Ouest.

*Inclinaison magnétique* : c'est l'angle I formé par OM avec le plan horizontal XOY. Elle est comptée positivement lorsque OM est sous l'horizon, c'est-à-dire lorsque le pôle Nord de l'aiguille aimantée, qui serait placée en O, pointe vers le bas. L'inclinaison est négative lorsque OM est au-dessus de l'horizon. Sa valeur moyenne en Belgique est actuellement de l'ordre de  $+ 66^\circ$ .

*Composante horizontale* : c'est la valeur H de la projection horizontale  $OM'$  de OM. Sa valeur approchée pour nos régions est environ 0,19 Oersted ou 19.000  $\gamma$  (l'Oersted est l'unité CGS d'intensité de champ magnétique; 1  $\gamma$  = 0,00001 Oersted).

On peut aussi décomposer  $\vec{OM}$  ou  $\vec{F}$  en ses trois composantes rectangulaires :

La composante Nord, désignée par X, comptée positivement vers le Nord,

la composante Est, désignée par Y, comptée positivement vers l'Est,

la composante verticale, désignée par Z, comptée positivement vers le nadir.

La valeur approchée de Z en Belgique est de l'ordre de 0,43 Oersted ou 43.000  $\gamma$ . Le vecteur  $\vec{OM} = \vec{F}$  s'appelle : *force totale* du champ magnétique terrestre en O. Les éléments qui viennent d'être définis : D, I, H, X, Y, Z, F sont appelés : *éléments magnétiques*.

Pour avoir une connaissance complète du champ magnétique en un point (en grandeur et en direction), il faut connaître trois des six éléments magnétiques : D, I, H, X, Y, Z. En général, on détermine D, I, H ou D, H, Z.

Les différents éléments magnétiques sont reliés entre eux par les formules suivantes :

$$\begin{aligned} X &= H \cos D & Y &= H \sin D & Z &= H \operatorname{tg} I \\ \vec{H} &= \vec{X} + \vec{Y} & H &= \sqrt{X^2 + Y^2} \\ \vec{F} &= \vec{X} + \vec{Y} + \vec{Z} = \vec{H} + \vec{Z} \\ F &= \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} = \sqrt{H^2 + Z^2} \end{aligned}$$

## 5. LES MESURES MAGNETIQUES :

### a) Mesures absolues (principe).

*Déclinaison* : se détermine à l'aide d'un théodolite magnétique. Sa mesure comporte deux opérations : l'une astronomique et l'autre magnétique. La première consiste à déterminer, par rapport à un cercle horizontal, la position du méridien astronomique du lieu (par des observations du soleil ou d'une étoile). La seconde consiste à repérer par rapport au même cercle horizontal la position du méridien magnétique. Cette position sera celle que prendra un barreau aimanté suspendu horizontalement par un fil sans torsion. La différence des lectures correspondant respectivement à ces deux positions fournit la valeur de la déclinaison cherchée. Comme dans toutes les mesures de ce genre, des précautions spéciales sont prises pour éliminer au mieux les erreurs d'observation.

*Inclinaison* : se déterminait autrefois à l'aide de la boussole d'inclinaison. Celle-ci se compose essentiellement d'une aiguille aimantée susceptible d'osciller autour d'un axe horizontal par l'intermédiaire de deux tourillons. Placée dans le méridien magnétique, repéré préalablement, elle s'incline et fait un certain angle avec le plan horizontal. La mesure de cet angle donne l'inclinaison magnétique du lieu. Cette méthode a généralement été abandonnée par suite de l'imprécision de la mesure. Actuellement, l'inclinaison se détermine à l'aide de l'inducteur terrestre. Une bobine constituée d'un assez grand nombre de spires est mise en rotation autour d'un axe situé dans le plan du méridien magnétique. Si cet axe fait un certain angle avec la direction du champ magnétique terrestre, un courant électrique est engendré dans la bobine. Celui-ci est décelé à l'aide d'un galvanomètre. La mesure consiste à modifier l'inclinaison de l'axe de la bobine jusqu'au moment où la rotation de celle-ci ne donne plus lieu à une déviation du galvanomètre. A ce moment, l'axe de rotation de la bobine coïncide avec la direction du champ terrestre. Il suffit alors de mesurer l'angle que fait cet axe avec le plan horizontal. Cette mesure s'effectue en faisant une lecture sur un cercle vertical.

La précision que l'on peut obtenir sur la détermination de  $D$  et sur celle de  $I$  est de l'ordre de quelques dixièmes de minute d'arc.

*Composante horizontale* : se détermine à l'aide du magnétomètre par la méthode classique de Gauss. Celle-ci comporte deux opérations :

*Oscillations* : un barreau aimanté de moment magnétique  $M$ , suspendu à un fil sans torsion, est écarté de sa position d'équilibre, puis libéré. Il se met à effectuer toute une série d'oscillations avant de reprendre sa position d'équilibre, qui est celle de la direction du méridien magnétique. La durée d'une oscillation complète s'exprime par la relation :

$$T = 2 \pi \sqrt{\frac{K}{MH}} \quad (1)$$

dans laquelle  $K$  représente le moment d'inertie du système mobile,  $M$ , le moment magnétique de l'aimant, et  $H$ , la composante horizontale du champ magnétique terrestre;

*Déviations* : le même barreau aimanté que ci-dessus est utilisé pour produire la déviation d'un autre aimant suspendu à un fil sans torsion et orienté initialement suivant le méridien magnétique. Sous l'action combinée du premier aimant (placé perpendiculairement au méridien magnétique) et de la composante horizontale H, le second aimant prend une direction suivant la résultante des deux champs agissants. Cette direction fait l'angle  $\alpha$  avec celle de H.

On a la relation :

$$\frac{M}{H} = \frac{R^3}{2} \operatorname{tg} \alpha \quad (2)$$

dans laquelle, R représente la distance entre les deux centres des aimants.

Des deux relations (1) et (2) on tire aisément la valeur de M et celle de H.

En réalité, les formules ci-dessus sont un peu plus compliquées. Il faut notamment tenir compte de la variation de H au cours des opérations, de la température (car M varie avec ce facteur), etc.

Signalons simplement qu'il existe d'autres appareils permettant d'obtenir H d'une manière plus rapide et plus précise. Citons notamment le quartz-H-magnétomètre de Copenhague (QHM) et certains appareils basés sur des méthodes électriques (on compare le champ magnétique terrestre à celui qui est produit par un courant électrique).

Les mesures magnétiques absolues sont effectuées non seulement dans les observatoires magnétiques mais aussi en campagne (*voir ci-dessous*).

#### b) Mesures relatives.

Nous distinguerons :

- 1° Les mesures relatives effectuées dans les observatoires magnétiques en vue de suivre d'une manière continue les variations du géomagnétisme dans le temps : ce sont les variomètres magnétiques;
- 2° Les mesures relatives effectuées en campagne.

1° *Les variomètres magnétiques* sont à lecture directe ou accompagnés d'un système d'enregistrement photographique. Il en existe de différents types. Ce sont les variomètres La Cour de Copenhague qui sont actuellement les plus répandus dans le monde. Ils sont constitués d'un jeu de trois appareils destinés à suivre respectivement les variations de D, H, et de Z. Donnons sommairement le principe de ces appareils :

*Variomètre pour D* (déclinomètre). — Un petit aimant muni d'un miroir est suspendu à un fil de quartz sans torsion. Un trait lumineux émanant d'une lampe à filament rectiligne est réfléchi par le miroir de l'aimant. Après avoir traversé une lentille cylindrique, il se réduit à un point et vient tomber sur une feuille de papier photographique enroulée sur un tambour cylindrique animé d'un mouvement de rotation uniforme. Le point lumineux impressionne le papier sensible et traduit ainsi les mouvements de l'aimant au cours du temps. Un second miroir, fixé au bâti de l'appareil, réfléchit le même trait lumineux qui, transformé à son tour en un point, donne sur le papier photographique une ligne droite, à partir de laquelle on pourra mesurer les variations de D. L'allumage d'une seconde lampe à intervalles réguliers (toutes les cinq minutes) fournit les marques de temps qui permettent de repérer les moments où se sont produites les variations enregistrées.

*Variomètre pour H.* — Comme ci-dessus, un petit aimant muni d'un miroir est suspendu à un fil de quartz qui, ici, est affecté d'une torsion telle que l'aimant vient se placer dans une position très voisine de la normale au méridien magnétique. Dans ces conditions, toute variation de la composante horizontale H se traduit par une rotation de l'aimant, ce qui entraîne une rotation du miroir. Le dispositif d'enregistrement est le même que celui du variomètre D. Dans les variomètres enregistreurs de Copenhague, l'enregistrement de H se fait sur la même feuille de papier photographique que celui de D (à côté de celui-ci).

*Variomètre pour Z* (Balance de Godhavn). — Il comprend un aimant « monade » (d'une seule pièce) d'une longueur de 6 centimètres, muni d'un miroir à sa partie supérieure et de couteaux sur ses faces latérales. Le tout est d'une seule pièce en acier au tungstène. L'aimant se meut autour d'un axe horizontal par l'intermédiaire de ses deux couteaux, qui viennent reposer sur deux surfaces planes horizontales. Il oscille ainsi dans un plan vertical et son centre de gravité est déplacé de telle manière que l'aimant soit sensiblement horizontal pour une valeur de Z. L'enregistrement de cet élément se fait également sur la même feuille que D et H.

Ajoutons que les variomètres H et Z sont compensés optiquement pour l'effet de la température.

Dans certains observatoires magnétiques, il existe deux jeux de variomètres enregistreurs : l'un à enregistrement lent, l'autre à enregistrement rapide.

Dans ce dernier, le déroulement douze fois plus rapide de la feuille de papier photographique, permet de suivre dans les détails les variations qui affectent les éléments magnétiques.

2° *Les mesures relatives en campagne* sont effectuées à l'aide d'appareils qui fournissent non la valeur absolue d'un élément magnétique mais la différence qui existe entre la valeur de cet élément en une station S et la valeur du même élément en une station dite « de base » B.

Parmi ces appareils, citons notamment les balances magnétiques pour H et pour Z dont l'emploi s'est développé de plus en plus pour les besoins de la prospection géomagnétique (*voir plus loin*).

## 6. LES VARIATIONS DU CHAMP MAGNETIQUE TERRESTRE.

Le champ magnétique terrestre subit des variations dans le temps et dans l'espace.

### 6.1. Variations dans le temps.

On distingue :

- a) Des variations *régulières* ou *périodiques* telles que la variation diurne et la variation annuelle,
- b) Des variations  *Brusques* et *irrégulières*,
- c) Une variation lente appelée *variation séculaire*.

### 6.2. Variation diurne.

C'est la variation qui affecte les différents éléments magnétiques au cours d'une journée. Son amplitude n'est pas la même aux différents points du globe : elle va en augmentant de l'équateur vers les pôles magnétiques. En outre, elle subit une variation saisonnière : elle est plus grande en été qu'en hiver. L'amplitude moyenne de la variation diurne pour nos régions est de l'ordre de 8' (10' à 12' en été; 5' à 6' en hiver).

### 6.3. Variation annuelle.

C'est la variation qui affecte les éléments magnétiques au cours de l'année. Elle est mise en évidence par le dépouillement des magnétogrammes (courbes d'enregistrement des divers éléments magnétiques). Ce dépouillement consiste à déterminer les valeurs moyennes horaires de D, H et Z. Ces valeurs horaires permettent d'établir des moyennes *diurnes* (moyennes des 24 valeurs horaires), des moyennes *mensuelles* (moyennes des valeurs moyennes diurnes) et des moyennes *annuelles* (moyennes des douze valeurs moyennes mensuelles).

On observe une légère variation parmi les valeurs moyennes mensuelles : c'est la variation annuelle. Elle est très faible comparativement à la variation diurne; elle s'élève en effet à quelques dixièmes de minute pour D.

### 6.4. Variation séculaire.

C'est une variation lente qui est mise en évidence par l'examen des moyennes annuelles obtenues à un même observatoire. Ces moyennes varient d'une année à l'autre.

Comparativement aux autres variations, la variation séculaire est très lente. Elle a été découverte en 1634 par GELLIBRAND. C'est ainsi que la déclinaison avait pour valeur à Londres : 11° Est en 1580 et 24° Ouest en 1818, ce qui représente une variation de 35° en quelque deux cent quarante ans. Depuis cette époque la déclinaison magnétique va en diminuant à Londres. Dans notre pays, cet élément diminue depuis 1828 (date du début des observations à Bruxelles) : cette diminution est de l'ordre de — 9' par an : c'est-à-dire que la déclinaison occidentale diminue de 8 à 10' par an (actuellement).

La variation séculaire n'est pas constante : elle varie d'amplitude dans le temps et suivant les régions du globe. Dans l'état actuel de nos connaissances, on ne peut dire si elle présente un caractère périodique : sa période serait environ quatre cent quatre-vingts années d'après certains auteurs. Il faut encore attendre un grand nombre d'années d'observations avant de pouvoir élucider cette question.

### 6.5. Variations brusques et irrégulières.

Les magnétogrammes montrent parfois une allure tourmentée caractérisée par de nombreuses oscillations irrégulières et d'amplitude variable : on dit dans ce cas qu'il y a *orage* ou *tempête magnétique*.

Il existe une nette relation entre la fréquence de ces orages magnétiques et les manifestations de l'activité solaire. Ils seraient dus, suivant certaines théories, à une émission corpusculaire du soleil. Cette émission serait constituée de particules électrisées qui viendraient modifier l'état électrique de la haute atmosphère (ionosphère) et provoqueraient ainsi des variations parfois très importantes du champ magnétique terrestre (1° et davantage pour D).

Signalons que les orages magnétiques sont presque toujours accompagnés de manifestations aurorales (aurores boréales ou australes) qui, généralement, ne sont observées que dans les régions polaires, dans des zones centrées sur les pôles magnétiques.

### 6.6. Variations dans l'espace.

a) *Variation avec l'altitude.* — Le champ magnétique terrestre décroît lorsqu'on s'élève dans l'atmosphère. Cette diminution a lieu suivant une loi en  $\frac{1}{(R + h)^3}$ , R, étant le rayon terrestre et *h*, l'altitude du point d'observation.

Cette variation est négligeable lorsque l'on a affaire à des altitudes relativement faibles comme c'est le cas en Belgique.

b) *Variations suivant la position géographique du point.* — Le champ magnétique terrestre subit des variations lorsqu'on se déplace d'un point à un autre sur le globe terrestre. C'est ce que les cartes magnétiques relatives à la Belgique vont nous montrer (*voir seconde partie*).

Lorsqu'on détermine un élément magnétique en deux endroits différents, on trouve généralement des valeurs différentes. A l'heure actuelle, on possède une connaissance assez complète de la distribution des valeurs des éléments magnétiques sur la Terre. Certaines régions, notamment les régions polaires, sont cependant moins bien connues à cet égard.

Des levés magnétiques ont été entrepris dans la plupart des pays du monde par des organismes officiels ou scientifiques. Au cours de ces levés, la déclinaison, au moins, a été déterminée. Souvent aussi, des mesures de I et de H, ou de H et Z, viennent compléter celles de D. Ces déterminations ont été exécutées en des points situés à des distances fort variables : quelques dizaines à quelques centaines de kilomètres. Des mesures ont été effectuées non seulement sur les continents mais aussi sur les océans, ce qui était indispensable pour obtenir une connaissance complète de la répartition des éléments magnétiques sur le globe. Les mesures magnétiques en mer présentent des difficultés par suite de l'instabilité du navire et par suite de la présence de matériaux magnétiques (fer, acier, etc.) qui interviennent dans la construction des bateaux. La contribution de loin la plus importante dans le levé magnétique des océans a été apportée par le Département de Magnétisme terrestre de la « Carnegie Institution of Washington ». Le *Galilée* d'abord, puis le *Carnegie*, voilier spécialement construit dans ce but, sillonnèrent toutes les mers du monde de 1905 à 1929. Le *Carnegie* fut malheureusement détruit par le feu, suite à une explosion en 1929, à l'île Samoa (Océanie). Grâce à l'ample moisson recueillie au cours de ces croisières, des cartes magnétiques mondiales ont pu être établies pour les divers éléments magnétiques.

## 7. LES CARTES MAGNETIQUES.

Elles sont établies comme suit : Après avoir reporté les stations d'observations, on indique à côté de chaque point représentant la station, la valeur de l'élément magnétique (la déclinaison, par exemple). On trace alors par interpolation entre stations voisines les lignes qui joignent les points où l'élément considéré a la même valeur : ce sont les *lignes isomagnétiques*. Suivant l'élément auquel elles se rapportent, on les appelle :

*Isogones* : lignes joignant les points de même déclinaison;

*Isoclines* : lignes joignant les points de même inclinaison;

*Isodynames* : lignes joignant les points de même intensité (H, Z ou F).

## 8. LES CARTES MAGNETIQUES MONDIALES.

Dans l'ensemble, la distribution des éléments magnétiques sur tout le globe est assez régulière. Elle rappelle celle que donnerait un aimant central (dipôle) faiblement incliné sur l'axe de rotation de la Terre. Examinons quelques particularités de cette distribution :

Les *isogones* sont sensiblement des droites faisant un certain angle avec les méridiens géographiques, soit vers l'Est soit vers l'Ouest. Elles passent toutes par les pôles géographiques de la Terre et aussi par les pôles magnétiques terrestres.

Les *isoclînes* sont des lignes ondulées sensiblement parallèles aux parallèles géographiques. L'inclinaison est positive sur l'hémisphère Nord et négative sur l'hémisphère Sud. L'ensemble des valeurs positives et des valeurs négatives est séparé par l'isoclîne  $I = 0$ , qui définit l'*équateur magnétique*. Celui-ci est distinct de l'équateur géographique.

Les *pôles magnétiques* sont caractérisés par la valeur  $I = 90^\circ$ . On distingue : le *pôle magnétique Nord* ( $I = + 90^\circ$ ) et le *pôle magnétique Sud* ( $I = - 90^\circ$ ) dont voici les positions approchées en 1945 :

- pôle magnétique Nord :  $76^\circ$  N,  $102^\circ$  W de Greenwich;
- pôle magnétique Sud :  $68^\circ$  S,  $146^\circ$  E de Greenwich.

Ils ne sont pas symétriques et leur position varie au cours du temps.

Voici les valeurs des éléments magnétiques aux pôles et à l'équateur magnétique :

*Pôle magnétique Nord :*

D prend toutes les valeurs;  
 $I = + 90^\circ$ ;  $H = 0$ ;  $Z = 0,6$  Oersted;  $F = Z = 0,6$  Oersted.

*Pôle magnétique Sud :*

D prend toutes les valeurs;  
 $I = - 90^\circ$ ;  $H = 0$ ;  $Z = - 0,6$  Oersted;  $F = Z = 0,6$  Oersted.

*Equateur magnétique :*

$I = 0$ ;  $Z = 0$ ;  $H = 0,3$  Oersted;  $F = H = 0,3$  Oersted.

Le champ magnétique terrestre est donc très faible : il varie de 0,3 à 0,6 Oersted.

## 9. LES ANOMALIES MAGNETIQUES.

Les lignes isomagnétiques n'ont pas partout une allure régulière. Elles présentent parfois des sinuosités de forme et d'amplitude très diverses. Elles apparaissent d'autant mieux que l'échelle de la carte est plus grande. D'une manière générale, l'expression « *anomalies magnétiques* » s'applique aux irrégularités de la distribution du champ magnétique terrestre. Les lignes isomagnétiques, dont l'allure est irrégulière, englobent des régions dites « *anomales* ». Celles-ci sont donc le siège d'anomalies magnétiques. Si l'on veut préciser l'étude de ces anomalies, il convient de les définir par rapport à une distribution que l'on considère comme « régulière » ou « normale ». Ainsi, pour le globe terrestre entier, on peut considérer comme normale la distribution qui correspondrait à une aimantation uniforme de la Terre.

Les anomalies magnétiques sont d'étendue fort variable. On distingue ainsi suivant leur étendue :

- des anomalies *générales* ou *mondiales*,
- des anomalies *régionales*,
- des anomalies *locales*.

Les premières apparaissent sur les cartes magnétiques mondiales. Elles affectent de grandes portions de la surface terrestre et sont vraisemblablement en rapport avec les grands traits de la structure du globe.

Les deuxièmes apparaissent sur les cartes établies par les différents pays. Elles affectent des régions moins étendues que les anomalies mondiales. Elles sont liées à des phénomènes géologiques moins profonds. (*Exemple* : l'anomalie du Bassin de Paris.)

Les troisièmes n'apparaissent que sur des cartes détaillées et n'intéressent que des petites régions. (*Exemples* : anomalies des Hautes-Fagnes et du Serpont en Belgique.)

En général, l'étendue d'une anomalie est liée à la profondeur de son origine. Pour fixer les idées disons que l'on admet les ordres de grandeur suivants pour ces profondeurs :

- anomalies générales : quelques dizaines de kilomètres;
- anomalies régionales : quelques kilomètres;
- anomalies locales : quelques centaines ou dizaines de mètres et parfois quelques mètres.

## 10. LA PROSPECTION GEOMAGNETIQUE.

Les anomalies générales et régionales rentrent dans le cadre de la physique du globe. Elles sont vraisemblablement en liaison avec des phénomènes qui sont au delà des limites que peut atteindre le géologue soit par des observations directes sur le terrain, soit par des mines ou des sondages. Les anomalies locales, au contraire, appartiennent au domaine de la *géophysique appliquée* ou *prospection géophysique*.

L'étude des anomalies locales ou *prospection géomagnétique* a pour but l'obtention de renseignements sur la structure ou la constitution du sous-sol. Il a été constaté, en effet, que ces anomalies étaient en relation soit avec la présence de certaines roches contenant notamment des minéraux magnétiques (magnétite, pyrrhotine, ilménite, etc.), soit avec l'existence de phénomènes tectoniques (anticlinaux, failles, dômes de sel, etc.). La méthode magnétique est l'une des quatre méthodes classiques de la prospection géophysique. (Les trois autres méthodes sont : les méthodes gravimétrique, électrique et sismique.) Ces méthodes se sont largement développées depuis la fin de la première guerre mondiale. Elles ont permis la découverte d'un grand nombre de champs pétrolifères et de gîtes minéraux. Sans avoir la puissance des autres méthodes, la prospection géomagnétique a souvent rendu des services très appréciés aux géologues et aux prospecteurs. Elle constitue l'une des applications principales du magnétisme terrestre.

## II. — LES CARTES MAGNETIQUES DE LA BELGIQUE.

### 1. HISTORIQUE DES MESURES MAGNETIQUES EFFECTUEES EN BELGIQUE.

#### 1.1. Premières recherches sur la distribution du magnétisme terrestre en Belgique.

C'est en 1828 que Adolphe QUETELET commence à l'Observatoire de Bruxelles une série ininterrompue de déterminations magnétiques. Avant cette date, on ne peut signaler que quelques observations de la déclinaison magnétique (notamment en 1772 par deux savants anglais : PIGOTT à Ostende et l'Abbé MANN à Nieuport). QUETELET observe principalement la déclinaison et l'inclinaison du champ magnétique terrestre. A cette époque ces deux éléments atteignent les valeurs suivantes : 22°28' Ouest pour D et + 68°56' pour I. En ce qui concerne l'intensité magnétique, QUETELET se borne à la méthode des oscillations, ce qui lui fournit une valeur relative de cette intensité.

En 1840, A. QUETELET installe à l'Observatoire de Bruxelles un déclinomètre à lecture directe. En 1841, un bifilaire et une balance magnétique viennent compléter l'installation des variomètres à lecture directe. Une série d'observations horaires est dès lors commencée

par QUETELET, qui en déduit des résultats sur la période diurne des variations magnétiques. Dans le domaine du magnétisme terrestre comme dans bien d'autres, QUETELET fut un précurseur. D'après L. DUFOUR, il semble même avoir été, d'une façon indirecte il est vrai, un de ceux qui ont fixé l'attention de l'illustre GAUSS sur la théorie du magnétisme terrestre.

De 1828 à 1871 des mesures magnétiques de l'un ou l'autre élément (D, I ou H) ont été effectuées en quelques endroits : Anvers, Courtrai, Gand, Mons, Ostende, Liège, Louvain, Namur et Malines. Les résultats de ces mesures ont été donnés par QUETELET et LAMONT.

En 1871, le Révérend Stephen J. PERRY, Directeur de l'Observatoire anglais de Stonyhurst, détermine les éléments magnétiques en 19 points de la Belgique. Ces mesures lui permettent de dresser une première esquisse de la distribution du champ magnétique terrestre dans notre pays.

En ce qui concerne les observations magnétiques entreprises d'une manière régulière à l'Observatoire de Bruxelles, elles se poursuivent suivant le plan établi par QUETELET jusqu'en 1890, c'est-à-dire jusqu'à l'époque du transfert des installations à Uccle. En 1878, HOUZEAU, qui venait de succéder à QUETELET à la direction de l'Observatoire, remplace les magnétomètres à lecture directe par des enregistreurs magnétiques qui sont installés à Uccle en 1890. Entretemps sur l'initiative de HOUZEAU, des observations destinées à dresser une carte magnétique du pays sont effectuées de 1878 à 1882 en un grand nombre de points par ESTOURGIES, qui meurt avant d'avoir pu en achever la réduction. Celle-ci fut terminée par la suite, mais on ne put tirer parti de ces observations.

De 1891 à 1892, le Dr. VAN RIJCKEVORSEL, auteur de l'ancien levé magnétique des Pays-Bas, effectue des mesures des trois éléments magnétiques : D, I et H en quelques stations situées à la frontière septentrionale de la Belgique.

Pendant que s'édifiaient les nouveaux bâtiments de l'Observatoire d'Uccle, l'Université de Liège avait fondé en 1882, à proximité de cette ville, sur le plateau de Cointe, un Institut d'Astrophysique. Celui-ci comprenait notamment un pavillon magnétique muni de magnétomètres enregistreurs et à lecture directe. Les premières observations y sont assurées par FOLIE et RONKAR. Interrompues par le départ de FOLIE, elles ne sont reprises qu'en 1899.

En 1898-99, NIESTEN effectue des mesures de déclinaison et de composante horizontale en dix-neuf points répartis sur toute l'étendue du territoire belge. Ses résultats furent rapportés au 1<sup>er</sup> janvier 1899 et permirent à PRINZ de dresser une carte isogonique de la Belgique. Bien que basée sur un petit nombre de mesures, cette carte indiquait déjà une distribution irrégulière de la déclinaison et montrait l'intérêt qu'il y aurait à entreprendre un levé magnétique plus complet.

## 1.2. Recherches entreprises de 1900 à 1920.

En 1900, sous l'impulsion de son nouveau directeur : G. LECOINTE, le Service magnétique de l'Observatoire Royal est complètement réorganisé. De nombreuses mesures absolues sont effectuées, ce qui permet de réduire avec tout le soin désirable les relevés des magnétographes. En 1902, l'Observatoire prend part aux observations magnétiques internationales, recommandées par le Congrès International de Géographie, réuni à Berlin en 1899.

Mais, déjà à cette époque, les aimants sont influencés à Uccle par les courants vagabonds dus aux lignes de tramways électriques passant dans le voisinage. Aussi, une station magnétique temporaire est-elle édiflée à Louvain, à la Villa du Mont-César. Les observations magnétiques y sont effectuées pendant un an.

Vers cette même époque, les observations magnétiques sont poursuivies activement à Cointe. En août 1903, en contrôlant une boussole de mines, M. DEHALU met en évidence une anomalie locale de la déclinaison dans la région de Liège. Il poursuit ses observations en 1904 en effectuant des déterminations de D, I et H respectivement en 100, 78 et 81 points répartis dans les Bassins houillers de Liège, Charleroi et Mons. Les résultats confirment l'existence d'anomalies magnétiques dans le Bassin de Liège : la déclinaison magnétique (occidentale) va en augmentant vers l'est alors qu'elle devrait aller en diminuant dans le cas d'une distribution magnétique régulière. Dès cette époque, M. M. DEHALU attire l'attention sur la liaison qui pourrait exister entre l'anomalie magnétique du Bassin de Liège et le passage de la Faille eifélienne dans cette région.

Le levé magnétique complet de notre pays entrepris avec une densité suffisante de stations est l'œuvre de A. HERMANT. De 1911 à 1914, il détermine les trois éléments magnétiques : D, I et H, en 136 points situés à des distances allant de 20 à 30 km. La densité du réseau est de une station par 216 km<sup>2</sup>. Toutes les mesures sont réduites au 1<sup>er</sup> janvier 1913, à l'aide des données fournies par les enregistrements magnétiques obtenus à l'Observatoire d'Uccle. Le levé de A. HERMANT lui permet de dresser la carte des isogones, celle des isoclines et celle des isodynames de la composante horizontale, à la date du 1<sup>er</sup> janvier 1913. L'examen de ces cartes permet de reconnaître les régions qui sont le siège d'anomalies magnétiques. Citons notamment l'anomalie des Flandres et du Brabant et celle du Pays de Liège (ce qui confirme les résultats obtenus par M. DEHALU en 1903-1904).

### 1.3. Recherches postérieures à 1920.

Rassemblant les résultats des observations de MM. DEHALU et HERMANT, M. DEHALU et M<sup>lle</sup> MERKEN publient en 1931 une carte générale des anomalies, qui donne les anomalies de la composante horizontale et de la composante verticale. Cette carte met en évidence les faits essentiels suivants :

- a) Une série de lignes d'attraction et de répulsion orientées sensiblement est-ouest;
- b) La présence d'un pôle attractif dans la région de Spa;
- c) L'existence d'un centre de répulsion un peu au nord de Hasselt.

En 1934, nous publions la carte générale des anomalies pour la Belgique et les régions limitrophes. Cette nouvelle carte est basée sur les résultats d'observations obtenus en 277 stations, empruntées aux réseaux magnétiques de la Belgique et des pays voisins. Elle confirme les faits établis par la précédente et notamment l'existence du centre répulsif de Campine. Elle permet en outre de prolonger le tracé des lignes d'attraction et de répulsion au delà des frontières belges.

En 1932, à la demande de M. LA COUR, Président de la Commission de l'Année Polaire 1932-1933, et en vue de la participation de la Belgique aux travaux entrepris à l'occasion de cette Année Polaire, un nouvel observatoire magnétique est créé par M. DEHALU, Administrateur-Inspecteur de l'Université de Liège. Depuis le début du siècle, en effet, les stations d'Uccle et de Cointe subissaient des troubles de plus en plus importants par suite de la présence de lignes de tramways électriques passant dans leur voisinage. Aussi, la création d'une station exempte de causes perturbatrices était-elle devenue nécessaire.

Le nouvel observatoire est établi à Manhay (province de Luxembourg) à quelque 47 km au sud-est de Liège, sur la crête séparant les vallées de l'Ourthe et de l'Amblève. Installée par L. KOENIGSFELD qui continue à en assurer la bonne marche, la station magnétique de Manhay fonctionne régulièrement depuis 1932. Malheureusement, en 1944, lors de

l'offensive des Ardennes, les instruments furent détruits en grande partie et ne furent réinstallés que le 1<sup>er</sup> janvier 1946. Depuis lors, les données d'observations paraissent régulièrement.

L'existence de la nouvelle station de Manhay nous a permis d'entreprendre plusieurs levés magnétiques dans l'est de la Belgique. En 1933-1934, nous effectuons des observations de la composante verticale à l'aide d'une balance de Schmidt en quelque 550 points situés dans la région de Spa et dans les Hautes-Fagnes. La carte que nous avons établie confirme l'existence d'une vaste zone d'anomalies positives s'étendant au sud-est de Liège et couvrant toute la partie située à l'est de Spa. En outre, cette carte met en évidence une série d'anomalies positives de direction NE-SW qui prolonge en Belgique celles qui ont été signalées par le Prof. REICH en territoire allemand. Comme l'a fait remarquer M. DE MAGNEE cette bande d'anomalies positives suit de très près une limite géologique importante : le contact discordant du Dévonien sur le Massif Cambrien de Stavelot.

En 1936-1937, nous étudions en détail une anomalie dans la région de Sourbrodt. Des mesures de composante verticale sont effectuées en des points très rapprochés (quelques dizaines à quelques centaines de mètres) à l'aide d'une balance magnétique de Copenhague.

En 1937-1938, nous avons effectué un nouveau levé magnétique dans la partie du territoire belge s'étendant à l'est du méridien de Namur. Couvrant un bon tiers du pays, ce levé comporte 558 stations situées à une distance moyenne de 5 km. Des mesures de la composante verticale ont été exécutées à l'aide d'une balance magnétique de Copenhague en chacun de ces points. Le but de ce travail était d'étudier d'une manière systématique toute la région englobant les centres de Spa et de Hasselt et de comparer les résultats avec ceux fournis par la géologie et par d'autres branches de la géophysique. La carte des valeurs observées de Z que nous avons dressée met en évidence les principaux faits suivants :

- a) Confirmation de la zone d'attraction de Spa et de la zone de répulsion de Hasselt;
- b) Existence d'une crête d'anomalies positives de direction NE-SW à travers l'Ardenne;
- c) Présence d'une anomalie positive notable à l'ouest de Maestricht, dans la région de Bilsen;
- d) Existence de fortes anomalies positives et négatives dans la région de Paliseul-Libramont-Bastogne;
- e) Présence de quelques anomalies plus localisées.

Dans la suite, d'autres travaux rentrant dans le cadre de la prospection géomagnétique ont été exécutés en Belgique en différentes régions : Massif de Hourt (Vielsalm); Vallée de la Liègne; région de Court-Saint-Etienne; Massif de la Gette et Massif du Serpont (environs de Libramont). Entrepris avec une très forte densité de stations, ces divers levés ont permis de tirer des conclusions géologiques intéressantes, notamment au point de vue de la tectonique des régions étudiées.

Quoique de plus en plus perturbée par l'accroissement du réseau de transports électriques urbains, la station magnétique d'Uccle a continué à fonctionner régulièrement. Les enregistrements de la déclinaison et de la composante horizontale  $y$  ont été poursuivis par A. HERMANT, puis par E. LAHAYE. Celui-ci, en collaboration avec G. BOURLET a étudié l'influence des lignes de transports électriques sur les enregistrements de la déclinaison magnétique à Uccle au cours de l'année 1941. Grâce à l'emploi de blocs amortisseurs en cuivre, l'amplitude des perturbations artificielles fut notablement réduite. Depuis 1952, la

station d'Uccle est remplacée par la nouvelle station magnétique installée au Centre de Physique du Globe édifié à Dourbes, près de Nismes (province de Namur) par l'Institut Royal Météorologique de Belgique (*voir plus loin*).

## 2. LES CARTES MAGNETIQUES DE L'ATLAS NATIONAL DE BELGIQUE.

### 2.1. Documents utilisés.

Ces cartes se rapportent à la Belgique et aux régions limitrophes, c'est-à-dire au territoire compris entre les latitudes : 49°30' et 51°30' N et les longitudes : 2°30' et 6°30' E de Greenwich.

En dehors de la Belgique, cette carte englobe donc des portions de la France, de l'Allemagne et des Pays-Bas, ainsi que le Grand-Duché de Luxembourg.

L'établissement des cartes magnétiques qui figurent sur la planche 5 est basé sur les documents suivants :

- pour la *Belgique* :
  - a) Le levé de A. HERMANT effectué de 1911 à 1914,
  - b) Les mesures de M. DEHALU exécutées en certains points du pays en 1904;
- pour la *France* : le levé entrepris de 1921 à 1927 sous la direction de MM. MATHIAS et MAURAIN;
- pour les *Pays-Bas* : le nouveau levé magnétique entrepris de 1942 à 1947 par l'Institut Royal Météorologique des Pays-Bas, sous la direction du Dr. J. VELDKAMP;
- pour l'*Allemagne* : le levé effectué pour le nord de ce pays, de 1898 à 1903, par ESCHENHAGEN et EDLER.

Les résultats de ces levés sont réduits à des dates différentes, à savoir : 1<sup>er</sup> janvier 1913 ou 1913,0 pour la Belgique; 1924,0 pour la France; 1943,0 et 1945,0 pour les Pays-Bas; 1909,0 pour l'Allemagne.

### 2.2. Réduction des résultats à une même date.

En vue de rendre comparables les résultats fournis par les différents levés ci-dessus, il importait avant tout, de les réduire à une date commune. Nous avons choisi pour celle-ci le 1<sup>er</sup> janvier 1943. Le levé magnétique hollandais étant réduit à cette date, il fallait réduire les résultats des autres levés à cette même date en les corrigeant de la variation séculaire pour les périodes correspondantes suivantes :

- pour la Belgique : de 1913,0 à 1943,0;
- pour la France : de 1924,0 à 1943,0;
- pour l'Allemagne : de 1909,0 à 1943,0.

Notre première tâche a donc été de déterminer la valeur de ces corrections de variation séculaire. Elles ont été obtenues par la méthode de A. ANGOT : nous avons rassemblé les valeurs moyennes annuelles établies par les observatoires magnétiques situés dans les pays voisins de la Belgique : Eskdalemuir et Abinger (Grande-Bretagne); Chambon-la-Forêt (France); Witteveen (Pays-Bas); Niemegek (Allemagne) et Rude-Skov (Danemark). A partir de ces valeurs moyennes annuelles, nous avons déterminé la valeur des différents éléments magnétiques en ces observatoires, aux dates suivantes : 1909,0 — 1913,0 —

1924,0 — 1943,0. La connaissance de ces valeurs nous a alors permis d'obtenir la valeur des variations séculaires pour les périodes indiquées ci-dessus.

Ayant reporté la position des observatoires sur une carte de l'Europe occidentale, nous avons dressé une série de cartes de variation séculaire pour les périodes : 1943,0-1913,0; 1943,0-1924,0; 1943,0-1909,0; et ce, pour chacun des trois éléments D, I et H.

Les courbes d'égaux variations séculaires ont été obtenues par interpolation entre les observatoires. Elles nous ont permis de déterminer les corrections à apporter aux résultats des mesures et de ramener celles-ci à la date uniforme choisie : 1943,0.

En possession de ces valeurs nous avons dressé les trois cartes suivantes : carte des isogones, carte des isoclines et carte des isodynames de la composante horizontale. Sur la planche 5, les deux premières cartes ont été réunies en une seule : les isogones sont colorées en rouge et les isoclines en bleu; les deux séries de courbes sont tracées de 10 en 10'. Ces lignes ont été dessinées par interpolation entre stations voisines. Pour la composante horizontale, les isodynames ont été tracées de 10 en 10 unités CGS du 4<sup>e</sup> ordre décimal, c'est-à-dire de 100 en 100  $\gamma$ .

### 2.3. Description des cartes.

Dans l'ensemble, les trois cartes ci-dessus confirment les résultats mis en évidence par les cartes antérieures dressées séparément pour la Belgique et pour chacun des pays limitrophes.

Décrivons-les sommairement :

- a) *Carte des isogones* : la déclinaison magnétique varie de 6°50' ouest à 8°30' ouest quand on se déplace de l'est vers l'ouest. Les isogones, dont le tracé est relativement régulier, ont une direction approximative N-S. Les autres présentent des allures tourmentées et constituent parfois des îlots : elles font apparaître les régions qui sont le siège d'anomalies magnétiques. Citons notamment :
- la zone axée suivant la direction Blankenberghe — Gand — Weert-Saint-Georges. Outre les nombreux îlots qui jalonnent cette région (îlots de 8°30', 8°10', 8°20', 7°50', etc.) toutes les isogones s'infléchissent fortement vers le S-E et montrent ainsi que les stations de toute cette zone présentent des valeurs trop élevées de D;
  - la région située au S-E de Liège. Nous retrouvons là-bas l'anomalie signalée par M. DEHALU dès 1903-1904. L'isogone de 7°10' s'infléchit fortement vers l'est et englobe toute une vaste région présentant des déclinaisons trop élevées;
  - la région centrée sur la frontière belgo-hollandaise à l'ouest de Maastricht : îlot de 7°20' et 7°30' donnant également des valeurs trop élevées de D;
  - la zone située au N du Limbourg hollandais et s'étendant au S-E de Roermond : îlot de 6°50' et 6°40' de direction NW-SE. Remarquons que ces îlots se situent entre deux isogones de 7°00' situées de part et d'autre de la région de Roermond. Les valeurs de D sont trop basses dans la région comprise dans ces îlots;
  - la région chevauchant sur la frontière franco-belge au S de la province de Namur : les deux isogones de 7°40' et 7°50' s'infléchissent notablement vers l'est;

- la région située à l'WSW de Lille, où les isogones de 8°20' et 8°30' s'incurvent vers l'ouest;
  - la région située au NE d'Anvers. Elle se marque par le tracé irrégulier de l'isogone de 8°00' dans le nord du pays.
- b) *Carte des isoclines* : L'inclinaison magnétique varie de 65° à 67° quand on va du sud vers le nord. En général, les isoclines ont une allure plus régulière que celle des isogones. Leur direction est sensiblement E-W. Elles mettent également en évidence plusieurs anomalies, là où leur tracé présente des irrégularités et où elles forment des îlots. Citons notamment :
- la région des Flandres, marquée par l'allure irrégulière des isoclines de 66°30' et 66°40';
  - le Brabant, où apparaissent trois îlots : deux de 66°00' au sud et un de 66°30' au nord;
  - le Limbourg;
  - la région liégeoise : îlots de 66°20' et fléchissement vers le sud de l'isocline de 66°10';
  - la région de Givet;
  - quelques zones irrégulières dans le nord de la France.
- c) *Carte des isodynames de la composante horizontale* : Cet élément diminue de 0,1950 Oersted à 0,1840 Oersted quand on se déplace du sud vers le nord. L'allure des courbes est assez régulière. Leur direction est approximativement est-ouest. Des anomalies apparaissent notamment sous forme d'îlots en plusieurs régions. Celles-ci sont sensiblement les mêmes que celles signalées ci-avant. (Flandres, Brabant, Liège, etc.).

#### 2.4. Utilisation des cartes magnétiques.

Au point de vue pratique, c'est la carte des isogones qui est le plus souvent utilisée. On sait, en effet, que la connaissance de la déclinaison magnétique en un lieu permet d'obtenir directement la direction du méridien géographique à l'aide d'une boussole. Rappelons simplement — et c'est là une des applications pratiques du géomagnétisme — que la boussole est employée en navigation aérienne et maritime moyennant certaines corrections qui tiennent compte des matériaux magnétiques intervenant dans la construction des avions ou des navires. La boussole est également utilisée pour effectuer certains levés topographiques. Enfin, les géologues l'emploient pour repérer la direction des couches. Pour toutes ces utilisations, il est nécessaire de connaître la valeur de la déclinaison magnétique du lieu où l'on se trouve. La carte des isogones permet de résoudre ce problème avec une précision qui est généralement suffisante pour le but poursuivi.

Pour obtenir la valeur de  $D$  en un point  $S$  quelconque de la Belgique, il suffit de reporter ce point sur la carte et de lire la déclinaison correspondante en utilisant le tracé des isogones. Si le point tombe entre deux isogones, la valeur de  $D$  s'obtient par interpolation entre ces deux courbes. Dans le cas actuel, puisque les cartes magnétiques sont établies au 1<sup>er</sup> janvier 1943, on aura la valeur de  $D$  qui correspond à cette date. Pour obtenir sa valeur à une date  $x$  ultérieure ou antérieure à 1943,0, il faudra appliquer, à la déclinaison lue sur la carte, une correction qui tient compte de la variation séculaire correspondant à l'intervalle de temps compris entre  $x$  et 1943,0. On aura donc :

$$D_{S, x} = D_{S, 1943,0} + c$$

$D_{S, x}$  : déclinaison du point  $S$  à la date  $x$ ;

$D_{S, 1943,0}$  : déclinaison du point S à la date 1943,0;  
 $c$  : correction de variation séculaire pour :  $x - 1943,0$ .

Remarquons que la correction  $c$  est sensiblement la même pour tous les points d'un territoire tel que la Belgique, pour autant que l'intervalle de temps :  $x - 1943,0$ , n'excède pas quelques années. Disons également qu'actuellement la valeur de  $c$  est environ  $-9'$  par an pour la déclinaison occidentale.

*Exemple* : Soit à déterminer la déclinaison à Hasselt au 1<sup>er</sup> janvier 1950. D'après la carte,  $D$  à Hasselt est égale à  $7^{\circ}21' W$  au 1<sup>er</sup> janvier 1943. La correction de variation séculaire pour la période 1943,0 à 1950,0 est :  $-9' \times 7 = -63' = -1^{\circ}03'$ .

Il en résulte que la déclinaison cherchée est :  $7^{\circ}21' W - 1^{\circ}03' = 6^{\circ}18' W$ .

Il importe toutefois de remarquer que cette valeur n'est approchée qu'à quelques minutes près. On fait en effet deux hypothèses pour la calculer :

- 1<sup>o</sup> La variation de  $D$  est régulière entre les deux isogones. (Celles-ci sont, elles-mêmes, tracées par interpolation entre stations distantes de 20 à 30 km);
- 2<sup>o</sup> La variation séculaire est constante au cours du temps.

## 2.5. Remarque.

Les cartes magnétiques de la planche 5 doivent être considérées comme des documents de première approximation. D'une part, la densité des stations n'est pas toujours suffisante, surtout dans les régions d'anomalies, et, d'autre part, la précision des mesures peut être améliorée par l'emploi d'instruments modernes mieux adaptés aux mesures en campagne.

Il convient néanmoins de rendre hommage à MM. HERMANT et DEHALU qui, à l'aide d'appareils beaucoup moins pratiques que ceux qui sont employés actuellement, ont effectué des observations qui ont permis de dégager les grands traits de la distribution du géomagnétisme en Belgique.

## 3. COMPARAISON DES CARTES MAGNETIQUES AVEC LES CARTES GEOLOGIQUE, GRAVIMETRIQUE ET SEISMIQUE.

Nous ne pourrions dans le cadre de ce commentaire qu'effleurer ce sujet qui a été abordé lors d'un symposium au Congrès National des Sciences qui s'est tenu à Bruxelles en 1950. La liaison qui existe entre la géologie et certains phénomènes géophysiques (gravimétriques, magnétiques et sismiques) a été mise en évidence dans la plupart des régions du globe et a donné lieu à des confrontations intéressantes qui ont conduit à accroître nos connaissances sur la constitution de la croûte terrestre.

Signalons que d'autres cartes que celles figurant sur la planche 5 sont mieux appropriées pour effectuer de telles comparaisons. Nous y avons fait allusion dans le paragraphe 1.3 de cette seconde partie. Il s'agit de la carte générale des anomalies magnétiques dressée d'abord par M. DEHALU et M<sup>lle</sup> MERKEN pour la Belgique, puis établie par nous-même pour notre pays et les régions limitrophes. Cette carte donne en grandeur et en direction la valeur des anomalies de la composante horizontale et celles de la composante verticale.

### 3.1. Anomalies magnétiques et géologie.

Il semble y avoir une relation entre les zones d'anomalies magnétiques et certaines grandes unités tectoniques. Les lignes d'attraction et de répulsion tracées sur la carte générale des anomalies indiquent une direction approximativement parallèle aux lignes tectoniques de la Belgique : direction NE-SW à l'est du pays, E-W au centre, et ESE-WNW à l'ouest. Cette relation apparaît plus clairement sur des cartes récentes (non encore publiées) établies avec une plus forte densité de stations. Aux anomalies positives de la composante verticale correspondent généralement les aires anticlinales et aux anomalies négatives de cet élément les aires synclinales. Nos cartes de la planche 5 laissent entrevoir cette liaison :

- anomalies des Flandres, du Brabant et de Maastricht qui jalonnent la direction de l'anticlinal du Brabant;
- anomalie du SE de Liège qui correspond au Massif Cambrien de Stavelot;
- anomalie du Limbourg qui peut être mise en relation avec le Bassin campinois : la plus grande épaisseur des terrains sédimentaires post-primaires donne lieu à une diminution du champ magnétique terrestre due à une plus grande profondeur du substratum primaire;
- l'anomalie négative de la déclinaison qui s'étend au SE de Roermond doit vraisemblablement être mise en relation avec le Graben de cette région. La direction des îlots de  $6^{\circ}40'$  et  $6^{\circ}50'$  est d'ailleurs conforme à celle qui caractérise la tectonique de cette portion de territoire.

### 3.2. Anomalies magnétiques et gravimétrie.

La comparaison des cartes de la planche 5 (pesanteur et géomagnétisme) permet de constater une similitude entre certaines directions d'anomalies tant gravimétriques que magnétiques : Flandres et Brabant notamment. Toutefois, nous nous rangeons à l'avis de L. JONES qui signale dans son commentaire qu'il n'y a pas de relation bien particulière entre les résultats gravimétriques et ceux du géomagnétisme. Les deux levés présentent, en effet, un caractère très général et sont établis avec une densité de stations insuffisante pour effectuer une telle comparaison.

### 3.3. Anomalies magnétiques et séismologie.

Dans son ouvrage consacré à la séismicité de la Belgique, le regretté Ch. CHARLIER, auteur de la carte séismique de l'Atlas National, a attiré l'attention sur la coïncidence qui existe entre les aires pléistóséistes de tous les séismes belges non superficiels et les régions d'anomalies magnétiques positives maxima de la composante verticale. Celles-ci se situent notamment en Flandres, dans le Brabant, dans le SE de la province de Liège et dans la région de Bilzen-Maastricht.

### 3.4. Remarque.

Au sujet de ces comparaisons entre anomalies géophysiques et géologie, remarquons que les liaisons ou les discordances apparaissent plus nettement sur des cartes basées sur un plus grand nombre de stations. Lors de levés magnétiques plus détaillés, (Est de la Belgique, Hautes-Fagnes, Serpont et prospections géomagnétiques) des liaisons beaucoup plus nettes ont pu être établies. Nous renvoyons le lecteur aux publications signalées à la fin de ce commentaire.

#### 4. TRAVAUX EN COURS ET PROJETS.

Signalons brièvement les réalisations actuelles ou en cours dans le domaine du géomagnétisme en Belgique.

- 4.1. La nouvelle station magnétique du Centre de Physique du Globe à Dourbes est, rappelons-le, destinée à remplacer la station d'Uccle perturbée par les tramways. Elle a été installée au début de 1952. Elle comprend deux pavillons : l'un destiné aux variomètres et enregistreurs, l'autre aux appareils absolus et aux variomètres à lecture directe. Equipé d'une manière tout à fait moderne, ce nouvel observatoire permettra d'entreprendre toute une série d'études relatives au géomagnétisme, en liaison avec les phénomènes intéressants d'une part, l'activité solaire, les phénomènes auroraux, et l'ionosphère et, d'autre part, les courants telluriques, la séismologie, la gravimétrie et la géologie.
- 4.2. L'installation de la station magnétique de Dourbes a permis l'exécution d'un travail de longue haleine : l'établissement de la nouvelle carte magnétique de la Belgique. Exécutée par le personnel scientifique du Service du Magnétisme terrestre de l'Institut Royal Météorologique, ce nouveau levé comporte près de 700 stations, soit cinq fois plus de points que celui de A. HERMANT. Les mesures de H et Z ont été effectuées à l'aide des appareils de Copenhague : QHM et BMZ. Les nouvelles cartes relatives à H et Z sont actuellement en cours d'exécution et seront publiées dans un avenir très prochain. En ce qui concerne la déclinaison magnétique, les mesures en campagne sont en voie d'achèvement. Nous disposerons donc sous peu d'un nouveau document scientifique important qui permettra, sans aucun doute, de fructueuses confrontations avec les données géologiques et géophysiques.
- 4.3. Nous terminerons cette rapide revue en signalant que parmi les projets qui sont au programme des activités futures de l'Observatoire magnétique de Dourbes, figurent, entre autres, l'étude détaillée de certaines anomalies magnétiques mises en évidence par le nouveau levé de la Belgique et l'étude des propriétés magnétiques des roches prélevées à l'emplacement de ces anomalies.

### III. — BIBLIOGRAPHIE.

1. *Annales de l'Observatoire Royal de Bruxelles*. — Années 1834 à 1901.
2. *Annuaire de l'Observatoire Royal de Belgique*. — Années 1834 à 1900.
3. *Annuaire Météorologique de l'Observatoire Royal de Belgique*. — 1901 à 1913.
4. NIESTEN : *Annuaire de l'Observatoire Royal de Belgique pour 1900*.
5. Rév. Stephen PERRY : *Magnetic Survey of Belgium in 1871* (Phil. Trans. 1873, n° 8).
6. Dr. VAN RIJKEVORSEL : *Magnetic Survey of the Netherlands for epoch, January 1, 1891* (Nieuwe Verhandelingen van het Bataafsch Genootschap der Proefondervindelijke Wijsbegeerte, Rotterdam, 1895).
7. M. DEHALU : *Anomalies de la Déclinaison magnétique aux environs de Liège* (Mémoires de la Soc. Roy. des Sciences de Liège, 3<sup>e</sup> Série, T. V, 1903).
8. M. DEHALU : *Sur la Distribution de la Déclinaison magnétique dans le Bassin de Liège* (Congrès international des Mines, etc., Livre II, Liège, pp. 451-453, 1905).
9. M. DEHALU : *Etude sur des influences magnétiques constatées dans les boussoles de mines*. (Annales des Mines de Belgique, T. XIV, Bruxelles, 1909).
10. Ad. SCHMIDT : *Magnetische Karten von Norddeutschland, für 1909, nach der von Eschenhagen und Edler ausgeführten Landesaufnahme des Königreichs Preussen* (Veröff. des Kgl. Pr. Meteor. Inst., Berlin, 1910, Nr. 217, Band III, Nr. 4).

11. A. HERMANT : *Levé magnétique de la Belgique au 1<sup>er</sup> janvier 1913* (Ann. de l'Obs. Roy. de Belgique, T. VI, fasc. III, 1920).
12. *Annales de l'Institut de Physique du Globe de Paris* (T. II à VII).
13. M. DEHALU et M<sup>elle</sup> MERKEN : *Nouvelle Carte magnétique de la Belgique* (Mém. in-4° de Cl. des Sc. de l'Ac. Roy. de Belgique, 2<sup>e</sup> Série, T. X, 1931).
14. E. HOGE : *Nouvelle Contribution à la Carte magnétique de la Belgique* (Idem, T. XI, 1934).
15. E. HOGE : *Etude des Anomalies de la Composante verticale du Champ magnétique terrestre dans la région des Hautes-Fagnes*. (Idem, T. XI, 1935.)
16. E. HOGE : *Résultats d'un levé magnétique détaillé dans la région de Sourbrodt* (Idem, T. XI, 1937).
17. H. REICH : *Ergebnisse regional magnetischer Forschung in der Eifel* (Zeits. der Deut. Geol. Gesellschaft; Bd. 83, Jhg. 1931, Heft 9).
18. L. KOENIGSFELD : *Observations magnétiques faites à Manhay pendant l'Année Internationale Polaire* (Mém. in-4° de la Cl. des Sc. de l'Ac. Roy. de Belgique, 2<sup>e</sup> Série, T. XI, 1935).
19. M. DEHALU : *La Prospection géomagnétique à l'aide des nouveaux Magnétomètres La Cour* (Copenhague) (Bull. de l'Inst. Roy. Col. Belge, T. VII, n° 3, 1936).
20. L. KOENIGSFELD et E. HOGE : *Sur la valeur et l'utilisation des nouveaux appareils de Copenhague : le QHM et la BM* (Bull. de la Soc. Roy. des Sc. de Liège, n° 2, 1938).
21. E. HOGE : *L'Etude des Anomalies magnétiques en Belgique* (« La Météorologie », 3<sup>e</sup> Série, n° 23, sept.-oct. 1939, Paris, pp. 273-276).
22. PH. C. P. HARTMANN : *Aardmagnetische anomalien in Nederland*. — Thèse, Utrecht 1945.
23. J. VELDKAMP : *A New Magnetic Survey of the Netherlands* (Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity; déc. 1948, pp. 387 à 397).
24. P. DUHOUX : *Etude géomagnétique du Massif de Hourt* (Ann. Soc. Géol. de Belgique, T. LXII, Mém. 107 à 151, 1938-1939).
25. P. EVRARD et L. KOENIGSFELD : *Levé magnétique du Salmien supérieur manganésifère de la Vallée de la Lienne* (Idem, T. LXVII, Mém. 473-494, 1944).
26. Y. DE MAGNEE et J. RAYNAUD : *Etude de la Tectonique du Cambrien du Brabant à l'Est de Court-Saint-Etienne* (Idem, T. LXVII, Mém. 495-546, 1944).
27. I. DE MAGNEE : *Géologie et Géophysique. — Ciel et Terre*, Bruxelles, LXIII<sup>e</sup> Année, n°s 7 à 12, 1947.
28. I. DE MAGNEE : *Commentaire géologique sur la nouvelle carte gravimétrique de la Belgique* (Bull. de la Soc. belge de Géol., T. LVII, Fasc. 3, 1948, pp. 576 à 588).
29. E. HOGE : *Essai d'interprétation géologique des anomalies magnétiques décelées dans l'Est de la Belgique* (Trans. of Oslo Meeting, 1948, Bull. n° 13, Washington, 1950, pp. 402-403).
30. E. LAHAYE : *Les Perturbations de la Déclinaison magnétique enregistrées à Uccle pendant la période 1939-1943* (Mém. de l'I.R.M., Vol. XXI, 1946).
31. E. LAHAYE : *Le Centre de Physique du Globe à Dourbes* (Mém. de l'I.R.M., Vol. XXXI, 1948).
32. Ch. CHARLIER : *Etude systématique des Tremblements de terre belges récents (1900-1950) : IV<sup>e</sup> Partie : La Séismicité de la Belgique*. — Publ. du Serv. Séism. et Gravim. de l'O.R.B., Série S, n° 10, 1951.
33. E. HOGE : *Considérations sur la Distribution du Magnétisme terrestre en Belgique* (Ann. de la Soc. Sc. de Bruxelles, T. LXV, I, pp. 71-78, Mai 1951).
34. C. GAIBAR-PUERTAS et E. HOGE : *Description et Interprétation provisoire de quelques observations géomagnétiques et géologiques effectuées sur le Massif de Serpont* (Bull. Soc. belge de Géol., T. LX, fasc. 3, 1951, pp. 374 à 397).
35. M. DEHALU : *Le Magnétisme terrestre en Belgique et au Congo Belge* (Mém. in-8° de la Soc. Roy. des Sc. de Liège; 4<sup>e</sup> Série, T. XI, Fasc. 6, 1951).
36. J. RAYNAUD : *Contribution magnétique à la connaissance géologique du Massif de la Gette* (Ann. Soc. Géol. de Belg., T. LXXV, pp. B 283-291, 1952).
37. J. M. VAN GILS : *La Séismicité de la Belgique*. — Commentaire de la Planche 10, Atlas National de Belgique, 1956.
38. L. JONES : *Commentaire de la Planche 5 (Pesanteur)*. — Atlas National de Belgique, 1955.
39. L'Institut Royal Météorologique : *Phénomènes géophysiques*, par J. BERTRAND, E. HOGE, J. KOENIGSFELD, E. LAHAYE, P. PIRAUX. — 1954.



## TABLE DES MATIERES.

	Pages.
<b>I. — Notions de Géomagnétisme :</b>	
1. Définition et objet du géomagnétisme . . . . .	3
2. La Terre est le siège d'un champ magnétique . . . . .	3
3. Théories relatives au champ magnétique terrestre . . . . .	3
4. Les éléments magnétiques . . . . .	4
5. Les mesures magnétiques :	
a) Mesures absolues :	
Déclinaison . . . . .	5
Inclinaison . . . . .	5
Composante horizontale . . . . .	5
b) Mesures relatives :	
1° Les variomètres magnétiques . . . . .	6
2° Les mesures relatives en campagne. . . . .	7
6. Les variations du champ magnétique terrestre :	
6.1. Variations dans le temps . . . . .	7
6.2. Variation diurne . . . . .	7
6.3. Variation annuelle . . . . .	8
6.4. Variation séculaire . . . . .	8
6.5. Variations brusques et irrégulières . . . . .	8
6.6. Variations dans l'espace :	
a) Variation avec l'altitude . . . . .	8
b) Variation suivant la position géographique du point . . . . .	9
7. Les cartes magnétiques . . . . .	9
8. Les cartes magnétiques mondiales . . . . .	9
9. Les anomalies magnétiques . . . . .	10
10. La prospection géomagnétique . . . . .	11
<b>II. — Les cartes magnétiques de la Belgique :</b>	
1. Historique des mesures magnétiques effectuées en Belgique :	
1.1. Premières recherches sur la distribution du magnétisme terrestre en Belgique . . . . .	11
1.2. Recherches entreprises de 1900 à 1920 . . . . .	12
1.3. Recherches postérieures à 1920 . . . . .	13
2. Les cartes magnétiques de l'Atlas National de Belgique :	
2.1. Documents utilisés . . . . .	15
2.2. Réduction des résultats à une même date . . . . .	15
2.3. Description des cartes :	
a) Carte des isogones . . . . .	16
b) Carte des isoclines . . . . .	17
c) Carte des isodynames de la composante horizontale . . . . .	17
2.4. Utilisation des cartes magnétiques . . . . .	17
2.5. Remarque . . . . .	18
3. Comparaison des cartes magnétiques avec les cartes géologique, gravimétrique et sismique :	
3.1. Anomalies magnétiques et géologie. . . . .	19
3.2. Anomalies magnétiques et gravimétrie . . . . .	19
3.3. Anomalies magnétiques et sismologie . . . . .	19
3.4. Remarque . . . . .	19
4. Travaux en cours et projets :	
4.1. Nouvelle station magnétique de Dourbes . . . . .	20
4.2. Nouveau levé magnétique de la Belgique . . . . .	20
4.3. Projets . . . . .	20
<b>III. — Bibliographie.</b> . . . . .	20