{BnF Gallica

Sur l'emploi de la boussole dans les mines / par A. Quetelet,...

Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque de l'Ecole polytechnique

BnF Gallica

Quetelet, Adolphe (1796-1874). Auteur du texte. Sur l'emploi de la boussole dans les mines / par A. Quetelet,.... 1843.

1/ Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :
- La réutilisation non commerciale de ces contenus ou dans le cadre d'une publication académique ou scientifique est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source des contenus telle que précisée ci-après : « Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France » ou « Source gallica.bnf.fr / BnF ».
- La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service ou toute autre réutilisation des contenus générant directement des revenus : publication vendue (à l'exception des ouvrages académiques ou scientifiques), une exposition, une production audiovisuelle, un service ou un produit payant, un support à vocation promotionnelle etc.

CLIQUER ICI POUR ACCÉDER AUX TARIFS ET À LA LICENCE

2/ Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

3/ Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

- des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.
- des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

4/ Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

5/ Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

6/ L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

7/ Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter
utilisation.commerciale@bnf.fr.

SUR L'EMPLOI

DE LA BOUSSOLE

DANS LES MINES,

PAR

A. QUETELET, DIRECTEUR DE L'OBSERVATOIRE ROYAL,
A BRUXELLES.

RB. 3. 3.
21

BRUXELLES,
IMPRIMERIE DE VANDOOREN FRÈRES,
RUE DE LA RÉGENCE, N° 14.

1843.

ÉCOLE ROYALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHÈQUE

EXTRAIT DES ANNALES DES TRAVAUX PUBLICS DE BELGIQUE.

SUR L'EMPLOI

DE LA BOUSSOLE

DANS LES MINES.

Si, en chaque lieu de la terre, l'aiguille aimantée prenait une direction déterminée et invariable, la boussole serait assurément l'instrument le plus simple et le plus parfait que l'on pût employer pour le lever des plans. Malheureusement il n'en est pas ainsi; car, outre les variations régulières que la déclinaison éprouve d'année en année, et l'on peut dire d'instant en instant, il est des anomalies qui se manifestent de la manière la plus imprévue et qui constituent sur le globe de véritables orages magnétiques. Que dire ensuite des actions perturbatrices locales et des causes d'erreur qui peuvent dépendre de l'instrument même?

Cette complication doit restreindre singulièrement l'usage de la boussole, surtout dans les mines, depuis qu'on a commencé à y placer des chemins de fer; cependant il me semble que les motifs que l'on croit avoir pour préférer à la boussole les instruments plus compliqués qu'on a voulu y substituer, ne sont pas suffisamment établis. L'objet de cette notice est d'indiquer les moyens que l'on doit employer pour détruire, du moins autant que possible, les diverses causes d'erreur qu'on peut avoir à craindre dans l'emploi de la boussole. Ces causes sont de différentes espèces; on peut les ranger en trois classes, savoir :

1° Les causes d'erreur développées à la surface de notre globe, soit irrégulièrement, soit d'après une marche déterminée et périodique, dont l'observation a fait connaître les lois;

2° Les causes d'erreur dépendantes de la construction de l'instrument;

3° Les causes d'erreur dépendantes des actions locales.

Nous allons examiner successivement ces diverses sources d'erreur et essayer d'indiquer les moyens de les écarter.

I.

VARIATIONS PÉRIODIQUES ET VARIATIONS IRRÉGULIÈRES DU MAGNÉTISME TERRESTRE.

Variations séculaires. — Les observations les plus anciennes de la déclinaison magnétique nous montrent que, dans nos climats, l'aiguille aimantée déviait à l'est du méridien, avant l'année 1666. Vers cette époque, elle se trouva dirigée pendant quelque temps vers le nord; puis elle s'écarta insensiblement de cette position. Au commencement de notre siècle, la déviation continuait encore à augmenter, et elle formait avec le méridien un angle de plus de 22°; c'est vers 1814, qu'elle semble avoir été à son *maximum*, car elle a très-sensiblement diminué depuis cette époque.

Nous n'avons, pour toute la Belgique, aucune observation qui puisse nous aider à constater ces mouvements si curieux de l'aiguille; nous devons rattacher nos observations à celles qui ont été faites par nos plus proches voisins (1). Les plus anciennes observations faites à Paris, et que l'on puisse citer avec quelque confiance, ne remontent guère au delà

(1) Dans l'ouvrage de Hansteen, *Untersuchungen über den magnetismus der Erde*. P. 8 du 1er tableau, on trouve que la déclinaison magnétique a été déterminée à Anvers vers 1600, et qu'elle a été trouvée de 9° à l'est du méridien. Elle a été donnée par Kircher, mais Hansteen la croit plus ancienne.

Dans les anciens mémoires de l'académie de Bruxelles, on trouve encore quelques déterminations pour Luxembourg, Ostende et Nieuport; dans les deux premières villes la déclinaison a été observée par M. Pigott, et dans la dernière par l'abbé Mann :

Luxembourg	1772,	22 oct. 3 h. après midi	18° 42'5	ouest.
»	»	23 oct. 10 h. matin	18° 50	»
Ostende,	»	24 déc. 3 h. après-midi	20° 35'5	»
Nieuport	?		19° 50	»

L'époque de la dernière observation n'est point précisée, seulement l'abbé Mann parle du résultat que M. Pigott avait obtenu à Ostende et attribue la différence des déclinaisons à des actions locales.

de 1580. Voici les valeurs que l'on a successivement obtenues depuis [1].

ANNÉE.	DÉCLINAISON.
1580	11° 30′ vers l'est.
1610	8 0
1666	nulle
1670	1 30 vers l'ouest.
1686	4 30
1700	8 10
1720	13 0
1740	15 30
1765	19 0
1780	20 35
1785	21 35
1804	22 5
1813	22 28
1814	22 34
1816	22 25
1817	22 19
1818	22 22
1819	22 29
1823	22 23
1825	22 22
1827	22 20
1826	22 6
1829	22 12
1832	22 2 ½
1835	22 4

On peut remarquer sans peine une tendance de l'aiguille à revenir vers l'est, bien que sa marche soit assez irrégulière. Ces irrégularités, du reste, peuvent provenir en grande partie de ce que les observations n'ont pas été faites aux mêmes épo-

[1] Hansteen, *Untersuchungen über den magnetismus der Erde*. Christiania, in 4°, 1819, et la physique de Pouillet, livre 3, p. 462, 1re édition. Ces deux auteurs, du reste, ne sont pas tout à fait d'accord.

ques de l'année, ni aux mêmes heures du jour, de manière que la déclinaison se trouve affectée des variations annuelles et diurnes qu'éprouve le magnétisme terrestre.

Les premières observations magnétiques faites à Bruxelles remontent à l'année 1828, et elles ont toujours été régulièrement continuées depuis. Elles ont été faites aux époques des équinoxes du printemps et vers deux heures après-midi, pour éliminer, autant que possible, les effets des variations diurnes et annuelles. Les valeurs obtenues ont été les suivantes:

ÉPOQUES DES OBSERVATIONS.		DÉCLINAISON.
Septembre, octobre, novembre.	1828.	22° 28′ à l'ouest.
6 mai, 1 heure après-midi. . . .	1829.	22° 29′ »
5 mars, 1 à 2 heures après-midi.	1830.	22° 25′,6 »
28 et 31 mars, 1 et 3 h. après-m.	1832.	22° 18′ »
21 et 31 mars, vers midi. . . .	1833.	22° 15′,5 »
4 avril, 1 heure après-midi . . .	1834.	22° 15′,2 »
28 mars, de midi à 2 heures . .	1835.	22° 6′,2 »
21 mars, de midi à 3 heures. .	1836.	22° 7′,6 »
24 mars, de 1 ½ à 2 heures . .	1837.	22° 4′,1 »
26 mars, de 1 ½ à 2 heures . .	1838.	22° 3′,7 »
29 mars, de 1 à 2 heures. . . .	1839.	21° 53′,6 »
27 mars et 2 avril, 1 à 2 heures	1840.	21° 50′,0 »
Fin de mars, midi, 2 et 4 heures.	1841.	21° 47′,5 »

Ces résultats montrent que l'aiguille magnétique, à Bruxelles, a une tendance bien prononcée à revenir progressivement vers l'est, quoique la déclinaison n'ait pas diminué annuellement d'une manière régulière. De 1829 à 1841 [1], c'est-à-

[1] L'observation de 1828 n'a point été employée, parce qu'elle a été faite en septembre et non vers les mêmes époques que les autres observations.

dire dans l'espace de 12 ans, la déclinaison a varié de 41′, 5; ce qui donne une diminution annuelle de 3′,5 minutes environ.

Une diminution analogue dans la déclinaison magnétique a été observée dans les différentes parties de l'Europe. Depuis le mois d'avril 1834, des observations sur la variation de l'aiguille magnétique se font à l'observatoire de Göttingue, d'une manière suivie et avec d'excellens instruments; on y a trouvé les déclinaisons moyennes suivantes, en les déduisant des valeurs maxima et minima pour les douze mois de l'année (1).

	DÉCLINAISON.
1834-1835	18° 41′ 19″,75
1835-1836	38 43, 4
1836-1837	33 47, 45
1837-1838	30 1, 25
1838-1839	25 31, 15
1839-1840	20 3, 05

En faisant la diminution de la déclinaison magnétique proportionnelle au temps, M. le Dr Goldschmidt a calculé la valeur que devait avoir la déclinaison d'année en année; il a fait usage de cette formule,

$$\delta = 18^\circ\, 42'\, 16'',231 - 4'\, 16'',756\, t \ldots \qquad (1)$$

t exprime le nombre des années écoulées depuis le 1er octobre 1834. On obtient par cette formule les déclinaisons suivantes, qui ne s'écartent pas de 1 minute des valeurs moyennes obtenues par l'observation.

	DÉCLINAISON.
1834-1835	18° 42′ 16″, 231
1835-1836	37 59, 475
1836-1837	33 42, 719
1837-1838	29 25, 963
1838-1839	25 9, 207
1839-1840	20 52, 451

(1) *Resultate aus den beobachtungen des magnetischen vereins im jahre* 1839, par MM. Gauss et Weber. in-12, 1840, page 108.

M. Goldschmidt a repris ensuite ses calculs dans l'hypothèse de la formule suivante, qu'il regarde comme plus convenable pour exprimer les variations *séculaires* du magnétisme terrestre:

$$\delta = 18^\circ\, 41'\, 31'',442 - 3'\, 9'',514\, t - 0'\, 13'',453\, t^2 \ldots (2)$$

t a la même valeur que dans la formule précédente. On obtient ainsi :

	DÉCLINAISON.
1834-1835	18° 41 31'', 442
1835-1836	38 8, 473
1836-1837	34 18, 604
1837-1838	30 1, 830
1838-1839	25 18, 152
1839-1840	20 7, 570

M. Hansteen, dont les travaux ont si utilement servi la théorie du magnétisme terrestre, a employé une formule analogue à la précédente pour exprimer les variations séculaires de la déclinaison magnétique à Christiania. Il pose (¹) :

$$\delta = 19^\circ\, 52',1 + 2',794\,(t\text{-}1800) - 0',10426\,(t\text{-}1800)^2 \ldots (3).$$

On déduit de cette formule que c'est vers 1813 que la déclinaison aurait atteint sa valeur maximum à Christiania, où elle aurait été de 20° 10', 15.

Nous devons faire remarquer, du reste, que les observations de ces dernières années indiquent une diminution de la déclinaison magnétique beaucoup plus rapide que celle qu'on déduirait des formules précédentes.

Variations annuelles. — En soumettant à un examen rigoureux toutes les observations faites à Göttingue depuis 1834, pour déterminer l'influence que les différentes saisons pourraient avoir sur la déclinaison magnétique, on a reconnu que cette influence devait être considérée comme nulle; de sorte qu'il n'y aurait point, à proprement parler, de *variations annuelles*.

(¹) Voyez la lettre adressée par M. Hansteen à l'auteur de cet article, dans le tome IX des *Bulletins de l'Académie royale de Bruxelles*, n° 3, séance de mars 1842.

On conçoit qu'il faut commencer par éliminer des résultats observés pendant les différents mois de l'année, l'effet de la variation séculaire, en employant la formule (2), dans laquelle les années sont exprimées par des unités, et les mois et les jours par des fractions de l'unité. C'est en suivant cette marche, et en prenant, pour origine du temps, le 1er octobre 1834, que M. Goldschmidt a calculé les nombres que l'on trouvera dans le tableau suivant, à côté des nombres observés. Ces dernières valeurs sont les moyennes déduites des observations magnétiques, faites à 41 époques déterminées, avec le magnétomètre de M. Gauss. Aux quatre premières époques, les observations ont été faites pendant 44 heures consécutives; et, aux 37 autres, pendant 24 heures seulement; elles se succédaient en général de 5 en 5 minutes, et quelquefois les intervalles étaient plus rapprochés (1). Dans la dernière colonne, on trouve les quantités dont les déclinaisons réduites s'écartent de la moyenne 18° 39′ 16″, 1.

(1) *Resultate*, etc., p. 73, année 1840.

TABLEAU N° 1.

DATES.		DÉCLINAISON		ÉCART de la MOYENNE.
ANNÉES.	MOIS.	OBSERVÉE.	CALCULÉE.	
1834	20 mars	18° 41′38″4	18° 40′22″1	— 1′ 6″0
»	21 juin	» 41 8 0	» 40 16 0	— 0 59 9
»	6 août	» 42 11 2	» 41 43 0	— 2 26 9
»	23 septembre	» 39 29 9	» 39 26 1	— 0 10 0
»	29 novembre	» 38 8 1	» 38 38 8	+ 0 37 3
1835	31 janvier	» 38 7 8	» 39 12 4	+ 0 3 7
»	28 mars	» 37 57 0	» 39 53 0	— 0 16 9
»	30 mai	» 37 44 9	» 39 55 8	— 0 39 7
»	25 juillet	» 37 13 5	» 40 0 0	— 0 43 9
»	26 septembre	» 35 57 7	» 39 19 4	— 0 3 3
»	28 novembre	» 35 9 2	» 39 6 8	+ 0 9 3
1836	30 janvier	» 36 15 8	» 40 51 5	— 1 35 4
»	26 mars	» 34 9 9	» 39 20 8	— 0 4 7
»	28 mai	» 33 35 4	» 39 27 0	— 0 10 9
»	30 juillet	» 31 55 5	» 38 27 3	+ 0 48 8
»	17 août	» 30 31 6	» 37 15 4	+ 2 0 7
»	24 septembre	» 30 9 9	» 37 18 0	+ 1 58 1
»	26 novembre	» 30 58 2	» 38 48 0	+ 0 28 1
1837	28 janvier	» 30 31 6	» 39 5 8	+ 0 10 3
»	25 mars	» 30 0 6	» 39 13 4	+ 0 2 7
»	27 mai	» 28 18 1	» 38 14 9	+ 1 1 2
»	29 juillet	» 28 39 6	» 39 14 8	+ 0 1 3
»	31 août	» 28 20 2	» 39 26 8	— 0 10 7
»	30 septembre	» 28 41 4	» 40 8 9	— 0 52 8
»	13 novembre	» 26 37 6	» 38 58 8	+ 0 17 3
1838	27 janvier	» 25 55 7	» 38 53 0	+ 0 23 1
»	31 mars	» 26 33 9	» 40 21 7	— 1 5 6
»	26 mai	» 24 54 8	» 39 25 7	— 0 9 6
»	28 juillet	» 22 40 6	» 38 0 8	+ 1 15 3
»	29 septembre	» 23 50 6	» 40 1 0	— 0 44 9
»	24 novembre	» 22 50 5	» 39 48 5	— 0 32 4
1839	23 février	» 22 4 8	» 40 18 6	— 1 2 5
»	25 mai	» 20 5 1	» 39 36 9	— 0 20 8
»	31 août	» 18 4 9	» 39 1 2	+ 0 14 9
»	30 novembre	» 16 58 5	» 39 14 9	+ 0 1 2
1840	29 février	» 14 39 5	» 38 18 0	+ 0 58 1
»	30 mai	» 16 1 7	» 41 5 0	— 1 48 9
»	29 août	» 12 32 0	» 39 1 2	+ 0 14 9
»	28 novembre	» 9 56 8	» 37 54 0	+ 1 22 1
1841	27 février	» 7 49 1	» 37 16 3	+ 1 59 8
»	29 mai	» 7 18 8	» 38 17 6	+ 0 58 5

Si l'on tient compte des erreurs que comporte nécessairement ce genre d'observations, on se convaincra sans peine, à l'inspection de ce tableau, que, contrairement à l'opinion qui était généralement admise, les différents mois de l'année n'ont pas eu d'influence sensible pour faire varier la déclinaison, préalablement dégagée de la variation séculaire. D'ailleurs, dans les écarts en plus et en moins que présente le tableau, se trouvent compris implicitement les effets des variations brusques manifestées dans le magnétisme terrestre.

Variations diurnes. — Vers le milieu du siècle dernier, plusieurs physiciens, et Cassini en particulier, se mirent à étudier le magnétisme terrestre avec plus de soin et avec des instruments plus parfaits, qu'on ne l'avait fait jusqu'alors. On dut à ces travaux la connaissance des *variations diurnes,* qui ne furent, du reste, déterminées avec toute la précision désirable, que dans ces derniers temps. C'est encore à la physique moderne que l'on doit la connaissance de ces perturbations accidentelles qui agissent simultanément et aux distances les plus éloignées, sur l'aiguille dont elles troublent la marche, sans qu'on puisse encore en déterminer les causes. MM. Arago et Kupffer, par des observations correspondantes, reconnurent que ces perturbations sont synchroniques, c'est-à-dire qu'elles agissent simultanément à Paris et à Saint-Pétersbourg. Ce synchronisme fut mis en évidence de la manière la plus curieuse par les travaux de l'association magnétique qu'établit à Göttingue, en 1834, le célèbre professeur Gauss, qui imprima une puissante impulsion à toute la théorie du magnétisme terrestre (1).

(1) Une association plus étendue encore a été formée, dans ces dernières années, par la Société royale de Londres, sur la proposition de M. De Humboldt. Son but est l'étude simultanée de tous les phénomènes qui appartiennent à la météorologie et à la physique du globe, et particulièrement au magnétisme terrestre. Plusieurs gouvernements ont secondé cette association, et il s'est établi des observatoires sur tous les principaux points du globe, dans les deux hémisphères. Les observations se font d'une manière continue, nuit et jour, de deux en deux heures, et, une fois par mois, les observations se font, pour ainsi dire, d'une manière continue, pendant l'espace de 24 heures.

Il est bien reconnu aujourd'hui que l'aiguille aimantée, pendant la période de vingt-quatre heures, oscille autour d'un état moyen, et qu'elle atteint, dans nos climats, son excursion maximum par rapport au méridien, vers une heure de l'après-midi, après avoir été à peu près en repos pendant toute la nuit. On sait de plus que la variation diurne n'est pas la même pendant les différents mois de l'année, et qu'elle est beaucoup plus considérable au printemps et en été que pendant les mois d'hiver. Ces variations dépendent encore des climats ; ainsi l'on ne pourrait point estimer les corrections qui conviennent à la Belgique, en fesant usage des observations d'un autre pays.

L'observatoire royal de Bruxelles, depuis le commencement de 1840, s'est associé au plan d'observation de Göttingue et à celui proposé par la société royale de Londres (1). Toutefois les observations de nuit n'ont commencé que depuis le mois de mai 1841. Nous sommes donc à même de nous former une idée assez exacte de la grandeur des variations diurnes, d'après les observations d'une année faites nuit et jour. Le tableau suivant donne les résultats moyens des différents mois et pour les différentes heures auxquelles on observe. Nous ferons remarquer que les variations diurnes se prononcent d'une manière si régulière, que les observations de quelques jours suffisent pour les constater, à moins qu'elles ne portent sur des époques auxquelles se sont manifestées des perturbations. Pour les jours où de pareilles perturbations ont eu lieu, les résultats ont été soigneusement écartés des calculs des moyennes, entrepris pour mettre la période diurne en évidence.

(1) Les autres observatoires du continent de l'Europe qui ont également exécuté, dans son entier, le plan d'observations proposé par les Anglais, sont les observatoires de Milan, de Munich, de Prague et de Saint-Pétersbourg.

OBSERVATIONS *horaires de la déclinaison magnétique* (1841-1842), *faites à l'Observatoire Royal de Bruxelles.*

(TABLEAU N° 2.)

DATES.	MINUIT.	2 HEURES.	4 HEURES.	6 HEURES.	8 HEURES.	9 HEURES.	10 HEURES.	MIDI.	2 HEURES.	4 HEURES.	6 HEURES.	8 HEURES.	10 HEURES.	DÉCLINAISON moyenne.
Juin 1841.	21° 38′ 31″	37′ 56″	37′ 24″	35′ 52″	35′ 45″	37′ 26″	40′ 18″	45′ 55″	46′ 46″	44′ 11″	40′ 57″	39′ 16″	38′ 52″	21° 39′ 8″
Juillet »	» 36 56	35 52	36 6	35 58	35 47	37 47	39 40	44 11	45 42	42 39	39 14	38 0	37 52	38 54
Août »	» 35 52	35 55	34 59	34 56	36 2	37 15	39 35	44 22	44 44	41 17	38 0	36 0	36 6	37 47
Septembre »	» 35 27	35 44	35 38	36 58	35 40	36 25	38 54	45 15	45 28	40 5	37 28	35 21	35 25	37 47
Octobre »	» 34 36	35 8	35 10	35 27	34 57	35 6	37 7	41 45	40 59	37 52	34 55	34 5	35 24	36 14
Novembre »	» 35 52	34 51	35 10	35 27	35 8	35 8	36 21	39 1	38 26	36 4	34 27	35 35	35 22	35 28
Décembre »	» 32 37	34 8	34 57	34 44	34 57	34 35	35 36	38 9	37 22	35 34	34 40	33 14	31 58	34 51
Janvier 1842.	» 31 47	35 16	32 52	35 20	35 20	35 31	34 25	36 30	36 0	34 25	34 12	31 36	31 22	35 37
Février »	» 29 40	30 45	30 28	31 0	31 41	31 41	32 50	36 4	36 36	34 38	33 16	31 22	29 55	32 20
Mars »	» 29 34	29 25	29 25	29 38	28 40	29 25	31 30	36 30	36 32	35 20	31 52	29 51	28 20	31 2
Avril »	» 28 29	28 29	28 31	27 59	26 11	27 22	30 4	35 49	36 30	35 42	30 15	29 10	28 16	30 4
Mai »	» 29 23	28 44	27 59	26 35	26 37	28 1	30 45	35 40	35 38	35 22	30 49	30 0	29 47	30 15
Moyennes.	21° 32 52	35 8	35 15	35 6	32 54	35 38	35 35	39 46	39 54	37 14	34 39	33 30	32 51	34 50

MOYENNE GÉNÉRALE, 21° 34′ 50″.

Occupons-nous d'abord des résultats généraux de l'année, abstraction faite de l'influence qu'y apportent les saisons; nous verrons que la déclinaison a été à son maximum entre midi et deux heures, ou, plus exactement, un peu après une heure après-midi. La déclinaison diminue ensuite progressivement jusque vers onze heures du soir; elle devient alors à peu près stationnaire pendant le reste de la nuit, pour commencer à augmenter encore après huit heures du matin. Entre le minimum qui se déclare à cette dernière époque et celui de 11 heures du soir, il se présente un maximum de nuit très peu prononcé, vers 4 heures du matin. C'est donc réellement pendant le jour, et entre 8 heures du matin et 8 heures du soir, que se manifestent les plus grandes variations de l'aiguille aimantée.

Nous avons essayé d'exprimer par une formule les variations qu'éprouve l'aiguille pendant la période de 24 heures. Nous avons employé à cet effet la formule trigonométrique dont les physiciens allemands font un fréquent usage pour lier ensemble les résultats que présentent les phénomènes périodiques, et nous sommes arrivés à l'équation suivante :

$$\triangle = 56{,}89 + 0{,}875\ sin(\alpha + 64^\circ{,}37') - 0{,}48\ sin(2\ \alpha + 45^\circ) + 0{,}18\ sin(3\ \alpha + 60^\circ).$$

$\triangle$ exprime la déclinaison de l'aiguille et α mesure le temps en arc, à raison de 15° par heures et en comptant de minuit. Le nombre 56,89 et les coefficients sont exprimés en parties de l'échelle; chaque division vaut 215″ en arc, ou 3′ 35″. On trouve dans le tableau suivant les nombres observés et les nombres calculés. Quand les nombres augmentent, la déclinaison diminue.

(TABLEAU N° 3.)

HEURES.	NOMBRES OBSERVÉS.	NOMBRES CALCULÉS.	DIFFÉRENCE.
Minuit.	57,45	57,52	— 0,09
2 heures.	57,36	57,39	— 0,03
4 »	57,33	57,31	+ 0,02
6 »	57,37	57,49	— 0,12
8 »	57,42	57,44	— 0,02
9 »	57,22	57,17	+ 0,05
10 »	56,67	56,62	+ 0,05
12 »	55,51	55,62	— 0,11
2 »	55,47	55,47	0,00
4 »	56,22	56,19	+ 0,03
6 »	56,84	56,93	— 0,09
8 »	57,25	57,26	— 0,01
10 »	57,43	57,44	— 0,01

La plus grande discordance entre les résultats observés et les résultats calculés, s'élève à 0,12 pour 6 heures du matin; cet écart correspond à un arc de 26″ environ. Il nous est donc permis de considérer la formule comme répondant d'une manière satisfaisante aux valeurs observées. Nous l'employerons dès lors à calculer les déclinaisons pour les heures intermédiaires à celles des observations; nous pourrons former ainsi un tableau pour toutes les déclinaisons moyennes, heure par heure. Dans la seconde partie du tableau, nous donnerons les variations avec leurs signes, c'est-à-dire les écarts de la déclinaison moyenne du jour, déduits des nombres précédents, et nous traduirons les divisions de l'échelle en valeurs angulaires, ce qui est nécessaire pour l'usage que nous nous proposons de faire de cette dernière partie du tableau

(TABLEAU N° 4.)

HEURES.	DÉCLINAISON.		VARIATION OU ÉCART DE LA DÉCLINAISON MOYENNE.	
	LE MATIN.	LE SOIR.	LE MATIN.	LE SOIR.
0	57, 52	55, 62	— 2′16″,7	+ 4′35″,6
1	57, 46	55, 40	— 2 3, 7	+ 5 23, 2
2	57, 39	55, 47	— 1 48, 5	+ 5 8, 1
3	57, 26	55, 72	— 1 20, 3	+ 4 13, 9
4	57, 31	56, 19	— 1 31, 1	+ 2 31, 9
5	57, 40	56, 60	— 1 50, 7	+ 1 2, 9
6	57, 49	56, 93	— 2 10, 2	— 0 8, 7
7	57, 56	57, 14	— 2 27, 4	— 0 54, 2
8	57, 44	57, 26	— 1 59, 3	— 1 20, 3
9	57, 15	57, 41	— 0 36, 4	— 1 52, 8
10	56, 62	57, 44	+ 0 38, 6	— 1 39, 3
11	56, 06	57, 50	+ 3 0, 1	— 2 12, 4
Moyennes.	57, 22	56, 56	—1′12″, 1	+1′12″, 2
Moy. générale.	56, 89			

On voit, par les deux dernières colonnes de ce tableau, de combien il faudrait augmenter ou diminuer la déclinaison moyenne de chaque jour, pour avoir la déclinaison vraie à une heure indiquée. Tous nos efforts doivent donc tendre à déterminer avec exactitude cette déclinaison moyenne pour un jour donné ; nous nous occuperons bientôt de la solution de ce problême important. Nous déduirons d'abord quelques conséquences nouvelles du tableau donné plus haut.

Nous prendrons en premier lieu, pour chaque mois, la différence entre la valeur maximum et la valeur minimum observée, de manière à obtenir la plus grande variation observée moyennement pendant les vingt-quatre heures. Nous prendrons ensuite la moyenne entre ces deux mêmes valeurs, maximum et minimum, et nous les considèrerons comme la

déclinaison moyenne du mois. Cette dernière valeur différerait de celle qu'on obtiendrait en faisant concourir à sa formation toutes les observations à la fois, ce qui semblerait plus rationnel (¹). Nous préfèrerons néanmoins la première dans le cas actuel, parce qu'elle exprime mieux l'état des choses pour les heures où l'on travaille habituellement avec la boussole.

(TABLEAU N° 5.)

DATES		DÉCLINAISON		PLUS GRANDE VARIATION.	DÉCLINAISON MOYENNE.
ANNÉES.	MOIS.	MAXIMUM.	MINIMUM.		
1841	Juin.	21° 46′46″	21 °35′32″	11′14″	21° 41′ 9″
»	Juillet.	45 42	35 47	9 55	40 44
»	Août.	44 44	34 36	10 8	39 40
»	Septem.	43 28	35 40	7 48	39 34
»	Octob.	41 45	34 37	6 48	38 21
»	Novem.	39 1	35 8	5 53	37 4
»	Décem.	38 9	34 33	3 36	36 21
1842	Janvier.	36 30	32 32	3 38	34 41
»	Février.	36 36	30 28	6 8	33 32
»	Mars.	36 32	28 40	7 52	32 36
»	Avril.	36 30	26 11	10 19	31 20
»	Mai.	35 40	26 33	9 7	31 6
Moyennes.				7′32″,2	21° 36′41″

La variation de la déclinaison n'est donc pas la même pour les différentes époques de l'année; elle est, pour le printemps et l'été, à peu près triple de ce qu'elle est en hiver. Il faudrait un nombre plus grand d'observations que celui que nous possédons, pour fixer, d'une manière exacte, cette influence diurne aux différentes saisons. On conçoit, du reste, que l'on

(¹) Les valeurs moyennes sont calculées dans la première colonne du tableau général; on les trouvera moins fortes que celles que nous obtenons en prenant les moyennes des maxima et des minima.

peut, dans l'état actuel des choses, se borner à prendre les résultats moyens de l'année, tels qu'ils sont donnés dans un des tableaux précédents, en multipliant la valeur de la variation moyenne par un facteur dépendant du mois où l'on observe. Nous allons tâcher d'établir ce coefficient, d'après les observations de Bruxelles et celles de Göttingue, où l'on observe depuis plus longtemps. Dans cette dernière ville, la variation diurne se déduit des deux observations, faites à huit heures du matin et à une heure après midi, qu'on regarde comme donnant les déclinaisons minima et maxima. Pendant les années 1840 et 1841, la même variation a été calculée, à Bruxelles, par les observations de 9 heures du matin et de 2 heures après midi. Comme ces époques ne coïncident pas exactement avec celles des minima et des maxima, la variation est nécessairement un peu moins forte qu'elle ne devrait l'être et que celle qui résulte de notre tableau précédent.

(TABLEAU N° 6.)

MOIS.	VARIATIONS DE LA DÉCLINAISON A BRUXELLES.			VARIATIONS A GÖTTINGUE.
	1840.	1841.	MOYENNE.	1834-1840
Janvier.	—	4'21"	4'21"	6'59"6
Février.	7'38"	6 22	7 0	7 56,9
Mars.	10 27	7 24	8 56	12 26,1
Avril.	12 54	9 19	11 7	15 23,0
Mai.	9 7	8 7	8 37	14 17,6
Juin.	9 19	9 26	9 23	13 57,8
Juillet.	7 49	7 59	7 54	13 26,6
Août.	9 14	7 30	8 22	14 13,5
Septembre.	8 25	7 8	7 47	12 44,7
Octobre.	3 38	5 57	4 48	10 52,5
Novembre.	3 11	3 20	3 16	6 52,2
Décembre.	3 11	2 50	3 1	4 53,4
Moyennes.	7'38"	6'38",6	7' 3"	11'7,"0

La variation pour Bruxelles est moindre que pour Göttingue, sans doute pour les causes qui ont été indiquées; mais il s'agit de connaître maintenant les rapports qu'elles ont, pour chaque mois individuellement, avec la variation moyenne de l'année. Le nombre abstrait, qui exprimera ce rapport, sera le coefficient que nous pourrons adopter provisoirement. Ainsi, au moyen de la variation diurne de la déclinaison déduite pour l'année entière, nous calculerons par un coefficient approprié à chaque mois, la variation qu'il convient d'employer pour ce mois. Ce calcul suppose, il est vrai, que les courbes des variations sont semblables pour chaque mois, ce qui n'est point exact; cependant cette hypothèse ne s'éloigne pas trop de la vérité, et prête à des calculs faciles, puisqu'on évite, par là, l'emploi d'une table spéciale qui deviendrait nécessaire pour chaque mois de l'année.

Rapport de la variation diurne de chaque mois à celle de l'année, pour Bruxelles et pour Göttingue.

(TABLEAU N° 7.)

MOIS.	POUR BRUXELLES.			POUR GOTTINGUE.
	1841-1842	1840-1841.	MOYENNE.	
Janvier.	0, 48	0, 61	0, 55	0, 60
Février.	0, 82	0, 99	0, 91	0, 72
Mars.	1, 05	1, 27	1, 16	1, 12
Avril.	1, 37	1, 58	1, 48	1, 39
Mai.	1, 21	1, 22	1, 22	1, 28
Juin.	1, 49	1, 33	1, 41	1, 26
Juillet.	1, 32	1, 12	1, 22	1, 21
Août.	1, 35	1, 19	1, 27	1, 28
Septembre.	1, 03	1, 11	1, 07	1, 15
Octobre.	0, 90	0, 68	0, 79	0, 98
Novembre.	0, 52	0, 46	0, 49	0, 62
Décembre.	0, 49	0, 43	0, 46	0, 44

La première colonne, pour Bruxelles, est relative aux nombres de 1841-1842 donnés plus haut; la 2e se rapporte aux années 1840 et 1841, et la 3e exprime la moyenne des deux colonnes précédentes.

D'après cette dernière colonne, le maximum de la variation diurne se présente à Bruxelles comme à Göttingue, au mois d'avril, et le minimum s'est manifesté au mois de décembre. Quoique la déclinaison soit sensiblement changée en Europe depuis plus d'un demi-siècle, cependant les variations diurnes sont restées à peu près les mêmes, comme on pourra le voir par le tableau suivant, renfermant les résultats de différentes époques. Les observations de Cassini, de Williams et de Gilpin, remontent aux années 1784 à 1788.

(TABLEAU N 8.)

MOIS.	VARIATIONS DIURNES DE LA DÉCLINAISON DE				
	LONDRES (1).	PARIS (2).	MANNHEIM (3).	FREIBERG (4).	CAMBRIDGE (5).
Janvier.	6',90	10',02	5',96	4',93	7',62
Février.	7, 50	10, 52	6, 58	7, 84	5, 16
Mars.	9, 04	14, 22	7, 10	11, 21	5, 84
Avril.	13, 03	15, 13	9, 10	12, 62	12, 78
Mai.	13, 60	14, 55	9, 59	12, 69	15, 41
Juin.	12, 65	13, 54	10, 40	12, 98	13, 19
Juillet.	11, 84	13, 53	10, 19	12, 61	14, 61
Août.	12, 27	14, 10	10, 04	12, 35	17, 28
Septembre.	9, 71	14, 25	8, 88	11, 43	11, 76
Octobre.	10, 44	12, 73	7, 26	10, 34	9, 88
Novembre.	7, 47	9, 92	7, 15	8, 63	8, 27
Décembre.	4, 28	8, 83	5, 19	8, 83	6, 79
Moyennes.	9',89	12',61	8',09	10',12	10',72

(1) Observations de Gilpin, 1786-1787.
(2) Observations de Cassini, 1784-1788.
(3) Hemmer, observations de 10 années.
(4) Reich, 1830-1832.
(5) Williams, 1785-1786.

Nous pensons que les renseignements qui précèdent seront suffisants pour éclairer sur la nature et la valeur des deux variations, séculaires et diurnes, de la déclinaison magnétique. Quant à la variation annuelle, on peut la considérer comme sensiblement nulle.

Nous allons essayer maintenant de mettre à profit toutes les observations dont nous avons rendu compte, pour en déduire les moyens de reconnaître la déclinaison magnétique à une époque et à une heure quelconques, du moins pour les localités peu différentes de Bruxelles.

Nous déduirons d'abord des déclinaisons observées dans ces derniers temps, que la diminution séculaire peut être estimée à 3′,5 pour chaque année. Si nous adoptons de plus, pour point de départ, la déclinaison de 1840, qui était de 21° 50′ à la fin de mars et au commencement d'avril, vers une heure après-midi, nous aurons la formule suivante :

$$\triangle = 21^\circ\, 50' - 3',5\, t.$$

$\triangle$ étant la déclinaison après un nombre t d'années : t d'ailleurs changera de signe, si l'on veut remonter avant l'année 1840.

La déclinaison 21° 50′ est donnée pour une heure après midi, époque où elle atteint sa valeur maximum. Cette valeur maximum, d'après le tableau n° 4, excède de 5′ 23″,2 la déclinaison moyenne du jour. Si même on a égard à l'époque de l'année, cet excès est plus considérable ; car d'après le tableau n° 7, les variations de mars et d'avril sont aux variations de la déclinaison pour l'année entière, comme les nombres 1,27 et 1,58 sont à 1 (¹). C'est donc par la moyenne de 1,27 et 1,58, c'est-à-dire par 1,42 qu'il faudra multiplier la variation 5′ 23″,2, pour avoir la réduction à faire à la déclinaison maximum 21° 50′, pour qu'elle devienne déclinaison moyenne. Le produit à retrancher est 7′ 58″,9, et la déclinaison moyenne pour le 1er avril 1840, devient ainsi 21° 42′ 21″,1 ;

(¹) Nous employons de préférence les nombres de la seconde colonne, déduits de deux années d'observations.

elle serait de 21° 43′ 13″, 6 pour le 1er janvier 1840, en tenant compte de la variation séculaire.

Nous avons, dans le tableau qui suit, placé à côté des résultats observés, ceux calculés d'après la marche qui vient d'être indiquée.

(TABLEAU N° 9.)

ANNÉES.	DÉCLINAISON MAGNÉTIQUE AU 1er AVRIL, OBSERVÉE.	DÉCLINAISON MAGNÉTIQUE AU 1er AVRIL, CALCULÉE.	DIFFÉRENCE.	DÉCLINAISON moyenne déduite des observations pour le 1er janvier.
1828	22° 28′	22° 26′ (1)	+ 2′,0	22° 25′,5
1829	22 29	22 28, 5	+ 0, 7	22 22, 5
1830	22 25, 6	22 25, 5	+ 0, 5	22 18, 8
1832	22 18	22 18, 0	0, 0	22 11, 2
1833	22 15, 5	22 14, 5	— 1, 0	22 6, 7
1834	22 15, 2	22 11, 0	+ 4, 2	22 8, 4
1835	22 6, 2	22 7, 5	— 1, 3	21 59, 4
1836	22 7, 6	22 4, 0	+ 3, 6	22 0, 8
1837	22 4, 1	22 0, 5	+ 3, 6	21 57, 3
1838	22 3, 7	21 57, 0	+ 6, 7	21 56, 9
1839	21 53, 6	21 53, 5	+ 0, 1	21 46, 8
1840	21 50, 0	21 50, 0	0, 0	21 43, 2
1841	21 47, 5	21 46, 5	+ 1, 0	21 40, 7
1842		21 43, 0		

En suivant la loi de continuité, la déclinaison maximum, pour le 1er avril 1842, serait donc de 21° 43′, et, par suite, la déclinaison *moyenne* aurait eu pour valeur 21° 35′, 3, en appliquant la correction de 7′ 38″,9, ou 7′, 7.

Cette même déclinaison moyenne, quatre mois plus tôt, c'est-à-dire le 1er décembre 1841, aurait été 21° 36′, 5, en

(1) La réduction a été faite pour le mois d'octobre (époque de l'observation), et en prenant 0,7 pour coefficient de la variation 5′25″,2

tenant compte de la variation séculaire. Or, le tableau n° 2 des observations de 1841 à 1842, donne pour la moyenne générale de l'année qui correspond ici à cette même époque du 1er décembre, la valeur 21° 34′ 50″, ou 21° 34′, 8; ce qui ne diffère que de 1′, 7 de la valeur calculée. On s'écarterait donc très peu des valeurs moyennes, calculées et observées, en posant 21° 35′ pour la déclinaison au 1er janvier 1842.

D'après tout ce qui vient d'être dit, les règles générales pour déterminer approximativement la déclinaison moyenne en Belgique, seraient les suivantes :

A. *Correction de la variation séculaire.* — En admettant que la déclinaison moyenne, au 1er janvier 1842, était de

21° 35′,

on calculera la déclinaison moyenne, pour le 1er janvier d'une autre année, en retranchant autant de fois 3′,5 qu'il y a d'années à partir de 1842 (1). On tiendra compte des mois et des jours à raison de 0′, 3 par mois. Ainsi, pour avoir la déclinaison moyenne le 15 mai 1844, on comptera 2 années, 4 mois et demi depuis le 1er janvier 1842, et l'on écrira :

Pour 2 années	7′	de correction.
— 4 mois	1, 2	—
— ½ mois	0, 15	—
Total de la correction	8′,35.	

On retranchera donc le nombre 8′,35 de 21° 35′, et l'on aura 21° 26′, 65 pour la déclinaison moyenne au 15 mai 1844.

B. *Correction de la variation diurne.* — S'agit-il maintenant de tenir compte de la variation diurne, il faudra revenir aux deux dernières colonnes du tableau n° 4. La valeur qu'on y trouvera en regard de l'heure, exprimera par sa grandeur et son signe la modification qu'il convient de faire à la décli-

(1) Comme il a été dit plus haut, la déclinaison, dans ces derniers temps, a subi une diminution plus rapide; mais nous ignorons encore si cette irrégularité apparente continuera. L'*Annuaire* de l'observatoire fera désormais connaître, pour chaque année, la déclinaison moyenne qu'il conviendra d'adopter dans la pratique.

naison moyenne, obtenue comme il a été dit précédemment.

Si, de plus, on veut avoir égard à l'époque de l'année, et à son influence sur la grandeur de la variation diurne, on se servira des nombres de la 3e colonne du tableau n° 7, par les quels on multipliera la variation diurne, donnée dans le tableau n° 4.

Exemple. On demande la déclinaison magnétique pour le 15 mai 1844, à 4 heures après midi. — On calculera d'abord la déclinaison moyenne pour le 15 mai 1844 comme nous l'avons fait précédemment, et l'on trouvera 21° 26′,65. Le tableau n° 4 nous fera connaître ensuite que la variation diurne, pour 4 heures après midi, est de + 2′ 31″,9, ou + 2′, 53. Ce nombre devra être multiplié par le facteur 1,22 que donne le tableau n° 7, pour le mois de mai. On aura donc, après la multiplication, + 3′,09 pour la correction qu'il convient d'ajouter à la déclinaison moyenne 21° 26′, 65, afin de tenir compte de la variation diurne. On obtiendra définitivement 21° 29′,74 pour la déclinaison demandée.

Remarque. Les nombres calculés d'après les éléments qui précèdent, ne peuvent convenir à la rigueur que pour Bruxelles. Cependant les variations diurnes changeraient si peu dans les limites de la Belgique, que l'on peut, sans crainte d'erreur sensible, se servir des tableaux 4 et 7. On peut également adopter pour la variation séculaire la quantité 3′,5. Il ne resterait donc plus qu'à déterminer la déclinaison moyenne pour une époque déterminée, dans les différentes localités où l'on doit faire un emploi fréquent de la boussole. Peut-être serait-ce l'objet d'un travail général que le gouvernement devrait faire exécuter. Il faut, pour de semblables déterminations, d'excellents instruments et un observateur exercé. On ne saurait apporter trop de soins dans des appréciations aussi délicates, puisqu'il s'agit d'établir, pour chaque localité un peu importante, le nombre qui doit devenir la base de tous les calculs ultérieurs.

Il n'est pas hors de propos de faire sentir également ici

combien il est indispensable, quand on a levé un plan à la boussole et qu'on ne peut appliquer immédiatement les éléments de correction, d'indiquer au moins, non seulement le jour, le mois et l'année où l'on a opéré, mais encore l'heure du jour.

C. *Variations accidentelles ou irrégulières.* — Indépendamment des variations régulières dont il vient d'être parlé, l'aiguille aimantée subit quelquefois des variations brusques et imprévues, dont la science n'a point encore pu déterminer les causes. Ces *perturbations* peuvent altérer la déclinaison d'une manière très-sensible, et produire, dans certains cas, des déviations de plus d'un degré.

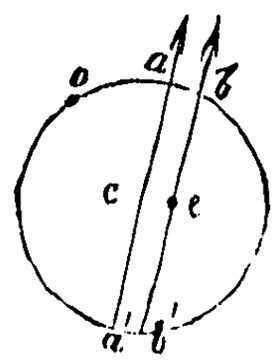
Quand on désire apporter de la précision dans les relevés que l'on fait au moyen de la boussole, il devient nécessaire de faire observer une seconde boussole à demeure fixe, pendant tout le cours des observations que l'on doit exécuter. On s'assure ainsi qu'il n'est point survenu de perturbations, et, dans le cas où il y en aurait, on connaît leur valeur et l'instant où la correction doit être appliquée. On a, en effet, cet avantage de savoir que, pour des lieux même assez éloignés, les perturbations sont simultanées et sensiblement d'égale valeur.

Il arrivera généralement qu'il sera impossible d'établir une seconde boussole de contrôle; mais alors on pourra, au besoin, recourir à l'observatoire le plus voisin où l'on suit un plan régulier d'observations magnétiques. Il n'est guère possible que des perturbations y passent inaperçues. A l'observatoire royal de Bruxelles, par exemple, les observations se font d'une manière continue, jour et nuit; quatre à cinq autres observatoires de l'Europe font des observations semblables, et il arrive rarement qu'une perturbation soit signalée dans un de ces établissements, sans qu'il ait été remarqué dans les autres; du reste, les perturbations magnétiques de quelque importance ne sont pas si fréquentes qu'on pourrait le croire, et l'on ne peut guère en signaler qu'une ou deux par mois; elles se manifestent alors à différentes reprises, et généralement pendant plus de 24 heures.

II.

DES CAUSES D'ERREUR DÉPENDANTES DE LA CONSTRUCTION DE L'INSTRUMENT.

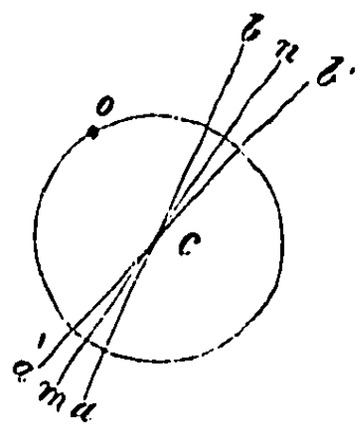
Il est de la plus grande importance de faire la lecture à l'une et à l'autre extrémité de l'aiguille. Cette double lecture corrige le défaut d'excentricité, c'est-à-dire l'erreur qui naîtrait de ce que l'aiguille ne serait pas exactement au centre du cercle gradué.



En effet, supposons *oaa'* le cercle gradué et *c* son centre; *oa* serait l'arc qu'on lirait sur le limbe, si l'aiguille était bien au centre, et *ob* est l'angle qu'on lira, par exemple, si l'aiguille se trouve portée parallèlement à elle-même en *e*, au lieu d'être en *c*. En ne fesant qu'une lecture, on prendrait l'arc *ob* au lieu de *oa* que l'on doit avoir, et l'on se tromperait de l'arc *ab*. Si l'on fait deux lectures, on lira, pour l'une des pointes *ob*, et pour l'autre *obb'*. Or, le premier arc est trop grand de *ab* et le second est trop petit de *a'b'*; mais, à cause des parallèles *aa'* et *bb'*, les deux erreurs *ab* et *a'b'* qui sont de signes contraires se compenseront. On aura donc éliminé l'erreur de l'excentricité, en fesant la double lecture *ob* et *ob'*, et en prenant la moyenne des valeurs obtenues.

Une seconde correction qui mérite une attention sérieuse, se rapporte à la non coïncidence de l'axe de figure de l'aiguille et de son axe magnétique. Dans les relevés qu'on prend au moyen de la boussole, ce sont les pointes de l'aiguille qu'on observe pour faire la lecture; or, il arrive, en général, que la droite qui joint ces deux pointes ne se confond pas du tout

avec la droite qui joint les pôles magnétiques : il existe en général un angle appréciable entre l'axe magnétique *mn* et l'axe



de figure *ab*. Il en résulte qu'au lieu de l'arc *on* qu'on devrait lire, on fait la lecture de *ob*, et l'on est en erreur sur le méridien magnétique de l'arc *bn*. La lecture faite, par rapport à l'autre pointe, ne corrige pas l'erreur, car on a l'arc *oa*, moindre que l'arc *om*, de la valeur de $am = bn$.

Du reste, cet inconvénient ne serait pas très-grave, s'il était prouvé que l'angle de déviation *bcn* conserve une valeur constante pour une même aiguille; car cette erreur se portant à la fois sur toutes les déterminations et dans le même sens, n'aurait pour résultat définitif que de déplacer un peu la direction du méridien magnétique sur le plan général. L'effet serait le même que si l'on employait une *déclinaison moyenne* fautive pour les localités où l'on opère (¹).

On peut corriger de deux manières la cause d'erreur qui vient d'être signalée. La plus simple et la plus directe est la méthode du retournement qu'emploient les physiciens qui tiennent à donner des déterminations précises de la déclinaison absolue. Après avoir observé l'aiguille aimantée sur une face, on la retourne et l'on observe la *face opposée* : si l'axe de figure se trouvait d'abord dans la direction *ab* par rapport à *mn*, il viendra se placer, après le retournement, dans la di-

(¹) Depuis quinze ans que j'observe à Bruxelles, l'angle compris entre l'axe de figure et l'axe magnétique de l'aiguille dont je me sers, n'a pas sensiblement changé; sa valeur est de 5 minutes environ. Dans certaines aiguilles, il peut être de plus d'un demi-degré.

ÉCOLE ROYALE POLY BIBLIOTHÈQ

rection $a'b'$, de l'autre côté de mn, qui demeurera dans le méridien magnétique. La différence entre les deux arcs ob' et ob qu'on lira dans ces deux épreuves, donnera bb', qui forme le double de l'erreur cherchée.

En général, les boussoles qu'on emploie pour le lever des plans, ne permettent pas le retournement; il devient alors nécessaire de comparer soigneusement son instrument à un autre où la vérification puisse se faire, ou de le contrôler dans un observatoire sur un méridien bien déterminé.

En troisième lieu, il faudra s'assurer que le limbe ne renferme pas de fer et n'exerce aucune action sur l'aiguille aimantée. Il faudra, pour reconnaître cette cause d'erreur, s'il en existait une, observer avec l'instrument dans deux positions diamétralement opposées, c'est-à-dire en faisant tourner le cercle dans son plan de la valeur de 180 degrés. Si des parcelles de fer ou quelque autre centre d'action se trouvait d'abord vers le sud, par exemple, cette cause d'erreur se trouverait ensuite au nord et produirait un effet tout-à-fait opposé sur le second pôle de l'aiguille.

J'ai signalé les principales corrections qu'on peut avoir à faire dans les boussoles spécialement, je n'insisterai pas sur les autres sources d'erreurs, communes à tous les instruments gradués, parce que la méthode de correction est uniforme.

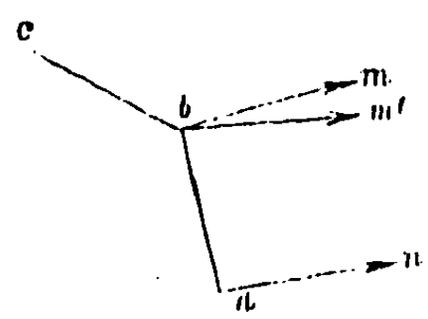
III.

CAUSES D'ERREURS DÉPENDANTES DES ACTIONS LOCALES.

L'emploi de la boussole exige impérieusement que l'on s'écarte de tous les lieux habités qui peuvent renfermer du fer : mais ces précautions ne sont pas toujours possibles, particulièrement quand on opère dans les mines. Faut-il cependant rejeter l'emploi de cet instrument, et particulièrement dans les cas où des chemins de fer s'y trouveraient établis? Il est évident qu'alors la déclinaison magnétiqne se trouverait très-notablement altérée; mais on peut facilement parer à cet inconvénient. Au lieu d'employer la boussole, selon le

procédé ordinaire, et de regarder l'aiguille aimantée comme demeurant toujours parallèle à elle-même dans toutes les stations, on la considère comme *une ligne de repère* à laquelle on rapporte les directions des deux stations voisines en avant et en arrière.

Un exemple fera mieux comprendre comment il convient d'opérer.



Supposons qu'on ait à relever les positions respectives des points *a,b,c;* d'après les procédés ordinaires, on mesurera les distances *ab, bc,* et l'on prendra les angles *nab, mbc,* que les directions *ab* et *bc* forment avec l'aiguille magnétique. Mais si, à la station *b,* l'aiguille se trouvait déviée par une cause locale et prenait la direction *bm'* au lieu de *bm,* l'erreur qui en résulterait aurait les conséquences les plus fâcheuses. On l'évitera en mesurant directement l'angle *abc;* mais il faudra substituer deux observations à une seule. Arrivé au point *b*, l'observateur lira l'angle *cbm'*, comme s'il n'y avait point de dérangement dans l'aiguille; puis, il pointera en arrière vers le point *a* qu'il vient de quitter, et lira sur la boussole l'angle *abm'*. Il retranchera alors de *4* angles droits la somme des deux angles obtenus *cbm'* + *abm'*, et il aura pour résultat l'angle *abc*. Il est évident que, pendant cette double opération, l'aiguille magnétique a tenu lieu de la lunette de répère que l'on trouve dans les instruments géodésiques ordinaires. Mais, ici aussi, il faut prendre les plus grandes précautions pour que l'aiguille magnétique conserve bien sa même direction pendant qu'on relève les deux angles. On doit, à cet effet, ne pas déplacer le centre de l'instrument,

afin que les actions exercées sur l'aiguille par le fer environnant demeurent identiquement les mêmes. Le moindre déplacement produira nécessairement des erreurs très-sensibles, par le grand voisinage des causes perturbatrices [1].

Nous croyons avoir successivement examiné, dans ce qui précède, toutes les causes d'erreur que l'on peut avoir à craindre dans l'emploi de la boussole, et nous avons cherché à donner des moyens simples pour les éviter, même dans les circonstances où l'usage de cet instrument semblerait devoir être entièrement écarté. Sous ces rapports, cette notice ne sera peut-être pas lue sans intérêt par les observateurs qui font un usage habituel de la boussole, d'autant plus que nous avons souvent remarqué chez quelques-uns d'entre eux des méprises assez graves sur la vraie valeur de la déclinaison moyenne, de même que sur les diverses variations auxquelles cet élément est sujet.

Bruxelles, le 11 octobre 1842.

QUETELET.

[1] Cette methode d'opérer en présence du fer n'est pas nouvelle; mais c'est avec raison qu'elle a été recommandée par M. de Crassier, sous-ingénieur des mines, dans un mémoire manuscrit *sur l'usage des instruments de géometrie souterraine*, communiqué au ministère des travaux publics.

SUPPLÉMENT.

Depuis que la notice précédente est écrite, nous avons pu réunir quelques nouveaux renseignements sur le sujet qui s'y trouve traité. Nous avons pu compléter, en premier lieu, le tableau des observations sur les variations diurnes de l'aiguille aimantée pendant la dernière partie de l'année 1842; nous avons obtenu, de plus, quelques communications importantes faites par des observatoires où l'on s'occupe, comme à Bruxelles, d'une manière spéciale, de tout ce qui se rattache au magnétisme terrestre.

L'inspection du tableau des observations de Bruxelles pour le dernier semestre de 1842 (voyez ci-après), fait voir d'abord que la déclinaison moyenne de chaque mois a diminué beaucoup plus rapidement que ne l'indiquait la loi de continuité.

Si nous considérons ensuite les maxima et minima mensuels, pour en déduire la variation de chaque mois et pour établir des rapprochements avec les tableaux n° 5 et 6, nous aurons :

1842.	DÉCLINAISON		PLUS GRANDE VARIATION.	DÉCLINAISON MOYENNE.
	MAXIMUM.	MINIMUM.		
Juin . . .	21° 34′29″	21° 24′51″	9′ 38″	21° 29′40″
Juillet. . .	34 5	24 12	9 51	29 8
Août . . .	31 32	23 37	7 55	27 44
Septembre. .	30 36	24 32	6 4	27 34
Octobre . .	29 25	23 38	5 47	26 31
Novembre. .	26 33	23 14	3 19	24 53
Décembre. .	24 17	21 31	2 46	22 34

La différence des maxima et minima de chaque mois, ou la plus grande variation moyenne, est restée à peu près la même que celle déduite des observations des années précédentes. Nous continuons aussi à trouver que la déclinaison moyenne déduite des valeurs maxima et minima de chaque mois, surpasse la déclinaison moyenne déduite de l'ensemble des observations faites chaque jour, de deux en deux heures (voyez la dernière colonne du tableau à la fin de ce supplément). Quant à la variation diurne, elle a conservé une marche extrêmement régulière.

Nous allons présenter maintenant le tableau des résultats obtenus à l'observatoire royal de Munich, pendant les trois années qui viennent de s'écouler, d'après la communication qu'a bien voulu nous en faire M. Lamont, directeur de cet établissement.

MOIS.	DÉCLINAISONS MOYENNES OBSERVÉES A MUNICH.		
	1840.	1841.	1842.
Janvier. . . .		16° 57′, 60	16° 50′, 19
Février. . . .		56, 98	49, 79
Mars.		56, 87	49, 86
Avril		55, 82	48, 96
Mai.		54, 77	48, 62
Juin.		53, 51	48, 24
Juillet. . . .		53, 55	47, 46
Août	16° 60′, 42	53, 99	46, 49
Septembre. . .	59, 64	51, 73	45, 88
Octobre. . . .	58, 71	50, 70	45, 52
Novembre. . .	58, 46	51, 39	44, 53
Décembre. . .	57, 53	50, 61	43, 69
Moyennes. . .		16° 53′, 86	16° 47′, 44

La diminution de la déclinaison magnétique, de 1841 à 1842, a été de 6′,42 d'après les observations de Munich, et elle semble avoir été plus grande encore pendant l'année précédente, à en juger par les résultats des cinq derniers mois de l'année.

M. Max. Weisse, directeur de l'observatoire de Cracovie, nous a communiqué les valeurs suivantes qu'il a déduites de ses observations, pour la valeur des maxima et minima pendant les mois de novembre de 1840, 41 et 42. Nous y joignons les époques calculées de ces maxima et minima, en temps moyen de Cracovie.

ANNÉES.	ÉPOQUE des MAXIMA.	MOYENNE des MAXIMA.	ÉPOQUE des MINIMA.	MOYENNE des MINIMA.	DIFFÉRENCE.
1840	8h 47m 54s	515, 342	1h 59m 57s	502, 508	12, 834
1841	8 59 0	531, 542	1 57 0	520, 412	11, 130
1842	8 59 25	550, 802	1 54 51	538, 465	12, 318

Chaque division de l'échelle vaut 25″,1, en sorte que l'on a, pour la moyenne de la variation diurne de la déclinaison pendant les mois de novembre :

En 1840. . . . 5′ 22,″1
1841. . . . 4 39, 3
1842. . . . 5 9, 2

Cette variation, de 5 minutes environ, est un peu plus forte que celle observée à Bruxelles pendant les mêmes années et pendant les mois de novembre.

Les moyennes des maxima et des minima pour Varsovie, ont encore donné les valeurs :

En 1840. . . .	508, 925
1841. . . .	525, 977
1842. . . .	544, 633

La diminution de la déclinaison a donc été :

De 1840 à 1841	de 17,052 et en arc de	7' 8"
— 1841 à 1842	de 18,656 —	7 48

Cette diminution est plus forte encore que celle obtenue à Munich.

D'après les observations de Göttingue, la diminution de la déclinaison dans cette ville, a été (¹) :

De 1834 à 1835	de 2'36",5
1835 à 1836	4 55, 9
1836 à 1837	3 44, 9
1837 à 1838	4 30, 0
1839 à 1840	5 28, 1
1840 à 1841	5 27, 1
1841 à 1842	6 46, 5

On voit encore ici que la variation séculaire n'est pas constante et qu'elle a augmenté très-sensiblement, pendant les dernières années.

Quant à la variation diurne de la déclinaison pendant les différents mois de l'année, elle a présenté, de 1840 à 1842, les valeurs suivantes, que l'on pourra rapprocher de celles qui ont été données pour les années antérieures dans le tableau n° 6 de la notice.

(¹) Voyez les volumes des *Resultate aus den beobachtungen*, etc, pour 1839, p. 107; pour 1840. p. 120, et pour 1841, p. 108.

MOIS.	VARIATION DIURNE DE LA DÉCLINAISON, A GÖTTINGUE.	
	1840 à 1841.	1841 à 1842.
Avril, 1840 et 1841	15′41″,5	13′30″,5
Mai.	12 47, 3	11 36, 3
Juin	11 32, 5	12 25, 0
Juillet.	11 58, 3	10 47, 8
Août	11 47, 8	10 1, 6
Septembre. . . .	11 13, 7	9 16, 8
Octobre	8 28, 2	7 54, 7
Novembre. . . .	4 33, 3	4 12, 7
Décembre. . . .	4 58, 4	3 43, 7
Janvier, 1841 et 42	4 36, 0	3 50, 6
Février	6 41, 5	5 28, 4
Mars	9 36, 9	9 8, 3
Moyenne. . . .	9′29″,6	8′29″,7

Des nouveaux documents que nous avons recueillis, on peut conclure que la *variation diurne* n'a pas changé pendant les deux dernières années, mais que la *diminution séculaire* de la déclinaison a reçu une valeur plus grande. En sorte que probablement il conviendra d'augmenter plus tard le nombre 3′,5 que nous avons adopté pour représenter la diminution que la déclinaison magnétique éprouve en Belgique.

Variation diurne de la déclinaison magnétique, à Bruxelles, en 1842.

1842.	MINUIT.	2 HEURES du matin.	4 HEURES du matin.	6 HEURES du matin.	8 HEURES du matin.	9 HEURES du matin.	10 HEURES du matin.
Juin.	21° 27′ 37″	27′ 42″	27′ 1″	28′ 33″	24′ 51″	25′ 50″	28′ 12″
Juillet.	» 26 24	26 28	25 28	24 12	25 4	25 45	27 52
Août.	» 25 15	24 49	24 53	25 57	24 19	25 30	27 32
Septembre.	» 24 4	24 21	24 45	24 52	24 40	25 41	27 35
Octobre.	» 24 6	24 54	24 49	24 38	25 38	25 57	25 54
Novembre.	» 25 25	25 25	25 56	25 25	25 14	25 52	24 52
Décembre.	» 21 3	21 39	21 46	21 42	21 31	21 37	22 44

1842.	MIDI.	2 HEURES du soir.	4 HEURES du soir.	6 HEURES du soir.	8 HEURES du soir.	10 HEURES du soir.	MOYENNE du mois.
Juin.	21° 33′ 20″	34′ 29″	32′ 43″	29′ 47″	28′ 25″	27′ 39″	21° 28′ 42″
Juillet.	» 32 9	34 5	32 13	28 55	27 44	25 45	» 27 51
Août.	» 31 32	31 13	28 44	26 43	26 5	25 18	» 26 37
Septembre.	» 30 36	30 2	26 43	25 5	24 25	24 34	» 25 56
Octobre.	» 29 25	29 10	27 11	24 58	25 38	22 55	» 25 17
Novembre.	» 26 33	26 5	24 36	25 38	22 44	22 33	» 25 37
Décembre.	» 24 17	24 0	22 27	21 59	20 41	20 17	» 21 59