

# Étude de l'aimantation initiale en fonction de la température [suite]

Autor(en): **Weiss, P. / Freudenreich, J. de**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Archives des sciences physiques et naturelles**

Band (Jahr): **42 (1916)**

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-743272>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

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

ÉTUDE DE  
L'AIMANTATION INITIALE  
EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

PAR

**P. WEISS et J. DE FREUDENREICH**

(Suite <sup>1</sup>)



LE FERROCOBALT  $\text{Fe}_2\text{Co}$

L'alliage  $\text{Fe}_2\text{Co}$  a été préparé en fondant au four électrique du cobalt pur de Merck et du fer électrolytique. Le lingot n'était pas très homogène et il a été impossible d'y tailler un anneau ne présentant pas de soufflures. Celles-ci ont été agrandies au foret et bouchées par des morceaux de ferrocobalt s'y adaptant exactement. Il est difficile de déterminer d'une façon précise l'importance de l'erreur résultant de ce défaut d'homogénéité de l'anneau, nous croyons cependant qu'il n'altère pas sensiblement le caractère des phénomènes observés. Comme nous l'avons déjà dit, nous avons isolé les deux enroulements à l'aide de deux boîtes concentriques en silice fondue. Le fil de nichrome avec lequel les enroulements ont été faits n'était probablement pas très homogène, car il se produisit un courant thermoélectrique qu'il fallut compenser par une force électromotrice auxiliaire. La disposition dont nous avons fait usage est représentée par la fig. 11.

La force électromotrice auxiliaire est mise en parallèle avec l'enroulement secondaire S. On en règle la grandeur en dépla-

<sup>1</sup>) *Archives*, 1915, t. XXXIX, p. 125.

çant le contact C, ce qui fait varier la résistance  $R_2$ . Pour que la somme des résistances  $R_1 + R_2$  qui influence la sensibilité du galvanomètre ne varie que très peu, nous avons choisi la résistance  $R_1$  très grande ( $30000 \Omega$ ) tandis que  $R_2$  variait entre 0 et  $1\Omega$ .

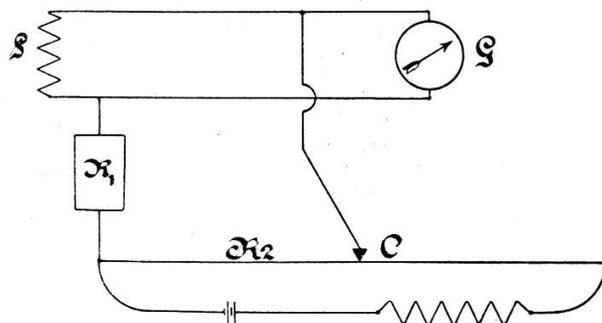


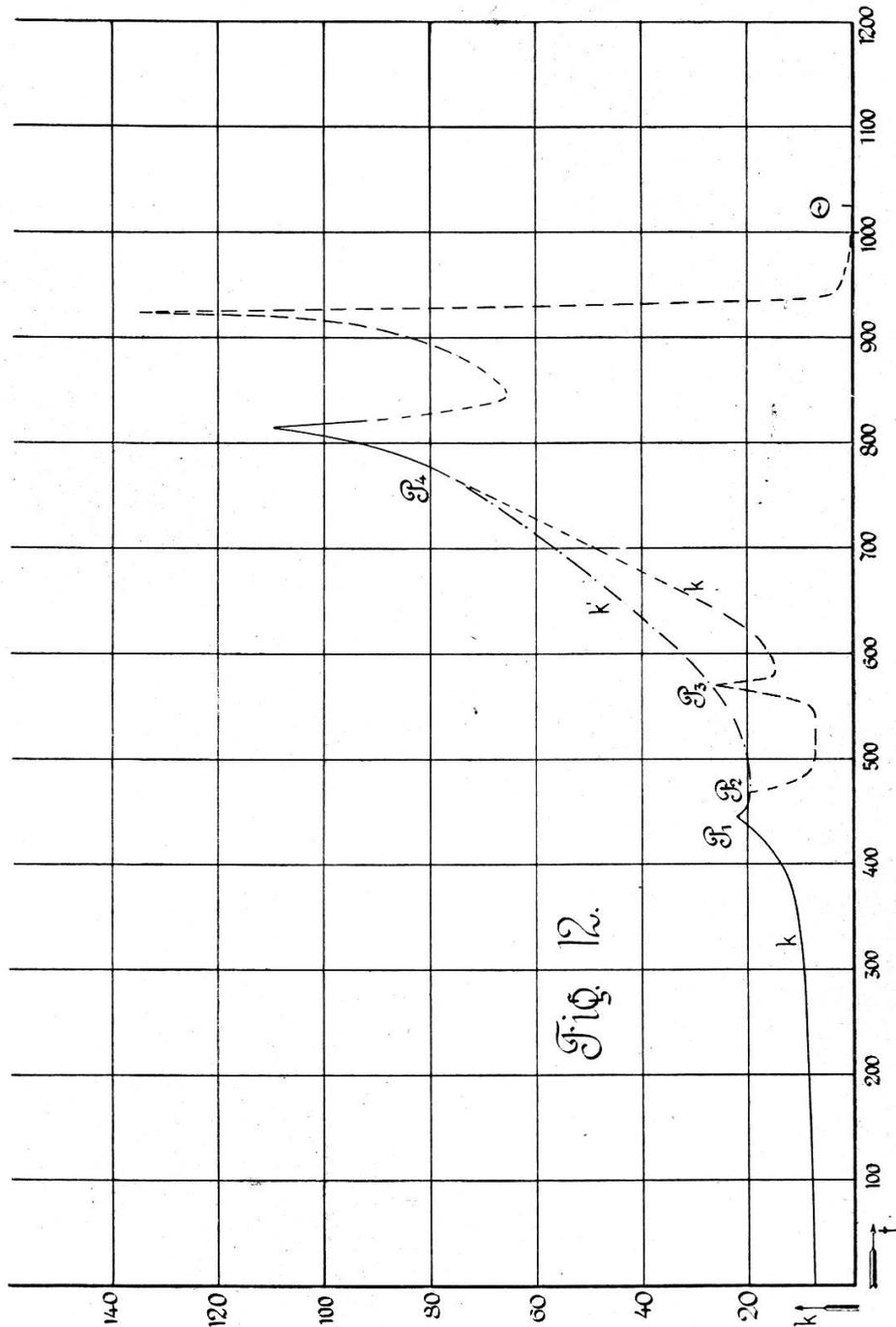
Fig. 11.

*Mesure de l'aimantation en fonction de la température  
pour un champ constant*

Nous avons fait ces mesures avec un champ de  $0,1264$  Gauss. Les valeurs de  $k$  sont représentées graphiquement dans la fig. 12. De la température ordinaire à  $1025^\circ$  nous avons fait environ 200 lectures. Dans le tableau IV nous n'indiquons que celles nécessaires pour tracer exactement la courbe, car comme nous le montrerons, une partie des lectures n'a pas grande valeur.

De la température ordinaire à  $445^\circ$  la susceptibilité augmente lentement et d'une façon régulière, A  $445^\circ$  ( $P_1$ ) il se produit un changement brusque, la courbe présente un angle aigu. A  $468^\circ$  nous avons un nouveau changement mais d'une autre nature, le métal acquiert subitement de la viscosité magnétique. L'aimantation met un certain temps à se produire et le courant d'induction dans l'enroulement secondaire dure plusieurs secondes. De ce fait l'écart du galvanomètre ne donne pas la vraie grandeur de l'aimantation et la lecture obtenue n'a pas de signification précise. A  $570^\circ$  ( $P_3$ ) la viscosité disparaît presque complètement pour une intervalle de quelques degrés puis

réapparaît rapidement et disparaît ensuite progressivement. Vers 790° (P<sub>4</sub>) le métal n'est plus visqueux, et à partir de cette température les lectures sont de nouveau valables. Un nouveau



changement se produit à 815° et on peut continuer à faire des lectures précises jusque vers 830°. A partir de cette température la silice fondue qui sert d'isolant entre les deux bobinages

devient conductrice et les lectures sont fausses. On peut néanmoins en déduire approximativement la grandeur de la susceptibilité. Un dernier coude de la courbe se trouve à  $924^\circ$  et ensuite la susceptibilité tombe très rapidement à de petites valeurs. Vers  $490^\circ$  cette diminution se ralentit subitement et on peut placer le point  $\Theta$  à  $1025^\circ$ .

TABLEAU IV

$t$	$k$	$t$	$k$	$t$	$k$	$t$	$k$
15.5	7.55	407.3	14.32	586.1	14.64	841.2	66.00
33.8	7.67	412.4	15.41	593.8	15.13	847.5	65.60
50.3	7.75	419.9	16.68	599.5	15.77	853.0	66.20
63.8	7.81	428.7	18.31	608.2	17.00	861.5	63.30
74.5	7.86	434.5	19.55	619.7	19.03	869.0	70.40
82.7	7.89	444.0	22.27	627.0	21.43	882.5	74.70
98.4	7.96	448.8	21.42	635.9	24.08	893.0	79.50
127.4	8.09	454.1	20.21	642.1	25.99	903.1	85.10
143.9	8.16	462.5	19.72	649.3	28.87	912.6	93.60
160.4	8.24	468.4	19.65	657.7	31.8	924.0	134.50
178.2	8.32	474.9	14.82	671.8	37.6	928.5	84.50
195.3	8.39	481.3	10.37	688.2	44.1	931.0	71.50
216.2	8.48	487.5	8.41	703.5	50.3	933.5	28.50
236.7	8.64	494.2	7.75	721.6	57.6	938.5	6.15
260.7	8.86	501.3	7.28	738.5	63.9	941.0	4.11
282.5	9.09	509.8	7.20	752.1	69.5	944.0	3.27
307.1	9.45	522.3	7.20	761.3	73.2	949.5	2.41
319.6	9.70	528.7	7.21	772.9	77.8	955.5	2.03
331.4	9.94	537.0	7.21	780.5	81.1	961.0	1.61
341.2	10.23	546.6	7.63	787.2	84.7	970.5	0.85
354.8	10.60	555.8	10.61	793.4	88.0	978.5	0.52
360.1	10.81	561.4	16.00	808.0	101.5	986.0	0.22
372.6	11.25	569.8	26.23	815.0	110.2	997.0	0.13
384.9	11.99	575.5	18.10	821.3	91.7	1010.0	0.05
400.0	13.61	581.3	14.76	833.5	72.6	1025.0	0.00

La région de viscosité s'étend de  $468^\circ$  à  $790^\circ$ . Nous avons tracé une courbe hypothétique  $k'$  entre  $P_2$  et  $P_4$  qui indique approximativement la vraie grandeur de la susceptibilité. La différence  $k' - k$  peut être considérée comme une mesure grossière de la viscosité.

Pour le ferro-cobalt la variation de la susceptibilité en fonction de la température est plus compliquée que pour le ferromagnétique. Même en supposant que  $k'$  soit la vraie grandeur de la susceptibilité, nous aurons encore deux changements d'état, l'un à  $445^\circ$  ( $P_1$ ) et l'autre à  $815^\circ$ . A cause des difficultés provoquées par les températures élevées nous n'avons pas pu établir d'une façon certaine si à  $924^\circ$  la courbe présente un maximum ou un angle aigu.

*Mesure de la susceptibilité en fonction du champ  
pour des températures déterminées*

Comme il résulte des mesures précédentes, la région comprise entre la température ordinaire et  $468^\circ$  seule se prêtait facilement à une étude systématique. Les valeurs numériques de  $k$  se trouvent dans le tableau V et les droites  $k = a + bH$  dans la fig. 13. Les indices  $a, b, c, \dots$  indiquent les différentes séries de mesures.

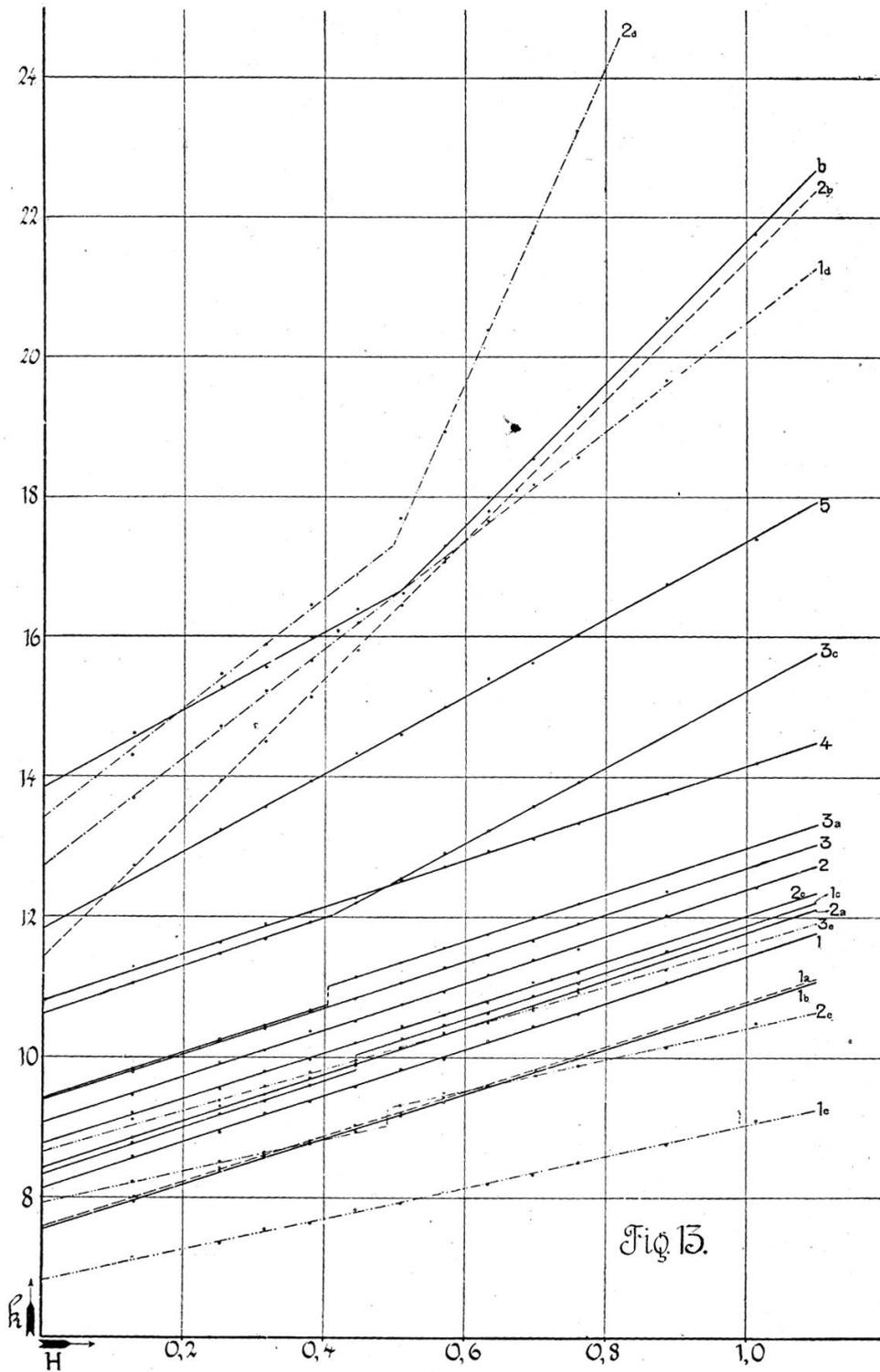
La fig. 13 révèle trois particularités nouvelles qui n'ont été constatées pour aucun autre corps.

1. On remarque que plusieurs droites sont *parallèles entre elles*, c'est-à-dire que pour des valeurs différentes de  $a$  l'inclinaison reste la même.

2. Quelques droites ( $3_a, 1_c, 2_e$ ) ont une *discontinuité*. La seconde partie de la droite est déplacée par rapport à la première; au degré de précision des expériences l'inclinaison reste la même.

3. *Les droites coudées*. — Ici le changement se produit dans l'autre sens que pour le ferromagnétique, la seconde droite est plus inclinée que la première.

Les différentes séries de mesures ont été faites en faisant varier la température dans le même sens, de la température ordinaire à des températures plus élevées de façon à éliminer les irréversibilités thermiques. Malheureusement nous n'avons trouvé aucun moyen d'empêcher les changements que le métal subit avec le temps. Il a été impossible d'avoir deux fois des propriétés identiques. Chaque fois que l'anneau avait été



chauffé à une température dépassant 200° ou 300° on ne retrouvait plus la même grandeur de  $k$  à la température ordinaire. Etant données les expériences que nous avons faites avec le ferronickel, il ne nous semblait pas prudent de chauffer le corps

TABLEAU V

H	1 137°,5	2 240°,0	3 277°,0	4 339°,5	5 448°,0	6 448°,5
0.1264	8.57	9.45	9.78	11.30	12.76	14.62
0.2521	8.92	9.92	10.25	11.63	13.24	15.28
0.3157	9.19	10.10	10.41	11.90	13.56	15.56
0.3796	9.37	10.37	10.66	12.07	13.94	16.00
0.4437	9.58	10.52	10.83	12.28	14.34	16.40
0.5078	9.83	10.78	11.07	12.53	14.60	16.61
0.5704	9.98	10.94	11.29	12.72	15.00	17.30
0.6333	10.24	11.18	11.46	12.94	15.40	18.00
0.6966	10.45	11.40	11.67	13.11	15.62	18.54
0.7602	10.63	11.55	11.91	13.34	16.02	19.18
0.8865	11.97	12.03	12.35	13.76	16.75	20.56
1.0150	—	12.43	12.70	14.20	17.40	21.76
1.1410	—	—	—	—	—	23.76

H	1 <sub>a</sub> 15°,3	2 <sub>a</sub> 112°,0	3 <sub>a</sub> 233°,5	1 <sub>b</sub> 14°,7	2 <sub>b</sub> 465°,5	1 <sub>c</sub> 14°,6
0.1264	8.01	8.84	9.83	7.94	12.73	8.77
0.2521	8.42	9.30	10.25	8.37	13.94	9.18
0.3157	8.60	9.46	10.47	8.58	14.50	9.37
0.3796	8.80	9.71	10.67	8.78	15.16	9.60
0.4437	9.03	9.91	11.15	8.94	15.80	9.89
0.5078	9.21	10.12	11.36	9.16	16.45	10.27
0.5704	9.44	10.34	11.57	9.36	17.07	10.47
0.6333	9.61	10.52	11.76	9.56	17.80	10.64
0.6966	—	10.73	12.01	9.79	—	10.88
0.7602	—	10.98	12.20	10.00	—	10.06

H	2 <sub>c</sub> 77°,8	3 <sub>c</sub> 283°,5	1 <sub>d</sub> 416°,0	2 <sub>d</sub> 452°,5	1 <sub>e</sub> 14°,7	2 <sub>e</sub> 172°,5	3 <sub>e</sub> 276°,0
0.1264	9.20	11.05	13.68	14.30	7.15	8.22	9.10
0.2521	9.45	11.48	14.72	15.46	7.35	8.50	9.38
0.3157	9.80	11.68	15.22	15.89	7.54	8.63	9.58
0.3796	9.97	11.93	15.65	16.46	7.64	8.77	9.79
0.4437	10.21	12.20	16.20	16.88	7.83	8.93	9.96
0.5078	10.45	12.54	16.62	17.70	7.93	9.32	10.14
0.5704	10.61	12.92	17.13	18.93	8.10	9.50	10.35
0.6333	10.79	13.23	17.66	20.39	8.20	9.61	10.50
0.6966	11.08	13.58	18.18	21.77	8.33	9.74	10.68
0.7602	11.21	13.92	18.56	23.23	8.50	9.88	10.96
0.8865	—	—	19.66	26.10	8.76	10.15	11.26
1.0150	—	—	—	—	9.09	10.50	—

trop souvent au-dessus de la température de Curie, en outre à ces températures élevées (1100') il était impossible d'éviter l'oxydation de l'anneau malgré une circulation d'azote dans le four électrique. Des séjours prolongés à la température ordinaire n'ont eu que peu d'influence.

TABLEAU VI

N°	t°	a	b	0.9035b	n	%
1	137.5	8.130	3.30	2.980	3	-0.70
2	240.0	9.065	3.32	3.000	3	0.00
3	277.0	9.390	3.31	2.990	3	-0.30
4	339.5	10.850	3.34	3.020	3	0.70
5	397.5	11.840	5.53	5.000	5	0.00
6	448.0	{ 13.840	5.54	5.010	5	0.20
		{ 11.460	10.19	9.210	9	2.20
1 <sub>a</sub>	15.3	7.580	3.22	2.910	3	-3.00
2 <sub>a</sub>	112.0	8.410	3.36	3.040	3	1.30
3 <sub>a</sub>	233.5	{ 9.410	3.31	2.990	3	-0.30
		{ 9.660	3.32	3.000	3	0.00
1 <sub>c</sub>	14.6	{ 8.320	3.36	3.040	3	1.30
		{ 8.570	3.30	2.980	3	-0.70
2 <sub>c</sub>	77.8	8.760	3.34	3.020	3	0.70
3 <sub>c</sub>	283.5	{ 10.620	3.40	3.070	3	2.30
		{ 9.780	5.45	4.930	5	-1.40
1 <sub>d</sub>	417.0	12.720	7.78	7.030	7	0.43
2 <sub>d</sub>	452.2	{ 13.410	7.92	7.150	7	2.10
		{ 6.140	22.50	20.300	20	1.50
1 <sub>e</sub>	14.7	6.810	2.21	1.995	2	-0.25
2 <sub>e</sub>	172.5	{ 7.925	2.23	2.015	2	0.75
		{ 8.185	2.25	2.030	2	1.50
3 <sub>e</sub>	276.0	8.864	2.16	1.950	2	-2.50

Pour ce qui concerne la variation de  $a$  et de  $b$  avec la température nous n'avons trouvé aucune loi. On peut dire d'une façon générale que  $a$  et  $b$  augmentent avec la température, mais pas d'une manière déterminée. Pour la même température ou



trouve plusieurs valeurs différentes de  $a$  et de  $b$ . On ne trouve pas plus de régularité pour  $a$  en ne prenant que les valeurs d'une même série ou en ne se servant que des droites qui ont la même inclinaison. Nous avons donné dans le tableau VI les valeurs de  $a$  et de  $b$  de toutes les droites.

En comparant les diverses valeurs de  $b$  entre elles une relation tout à fait inattendue s'est présentée à nous: *Les différentes valeurs de  $b$  sont entre elles comme des nombres entiers.* En multipliant chaque valeur de  $b$  par 0,9035 on obtient des nombres très voisins de nombres entiers. Nous les avons désignés par  $n$  dans la sixième colonne du tableau. Dans la septième colonne nous avons porté l'écart en  $\%$  de 0,9035  $b$  à  $n$ . Comme on le voit, il est en général plus petit que 1  $\%$  et dans la plupart des cas où il dépasse cette valeur nous avons affaire à des droites coudées ou à des droites présentant une discontinuité et qui, de ce fait, sont moins bien déterminées étant plus courtes.

(A suivre).

---