



Sur les propriétés magnétiques de lames très minces de fer et de nickel

Ch. Maurain

► To cite this version:

Ch. Maurain. Sur les propriétés magnétiques de lames très minces de fer et de nickel. J. Phys. Theor. Appl., 1902, 1 (1), pp.151-156. <10.1051/jphystap:019020010015101>. <jpa-00240587>

HAL Id: jpa-00240587

<https://hal.science/jpa-00240587v1>

Submitted on 4 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

**SUR LES PROPRIÉTÉS MAGNÉTIQUES
DE LAMES TRÈS MINCES DE FER ET DE NICKEL ;**

Par M. Ch. MAURAIN.

J'ai signalé déjà⁽¹⁾ la particularité suivante, qu'on observe lorsqu'on étudie l'aimantation que prend un dépôt électrolytique de fer obtenu dans un champ magnétique : la déviation d'un magnétomètre, sur lequel agit le dépôt en formation, serait représentée en fonction du temps par une droite, si l'épaisseur de fer déposée pendant l'unité de temps, d'une part, et l'intensité de l'aimantation acquise par chaque couche, d'autre part, restaient constantes ; or l'expérience montre que, les conditions de l'électrolyse restant fixes, la courbe représentant la déviation est, en effet, une droite, sauf dans sa partie initiale ; au début, la courbe est légèrement concave vers le haut ; son coefficient angulaire croît d'une manière continue jusqu'à la valeur correspondant à la partie rectiligne qui continue la courbe. L'interprétation naturelle de cette allure particulière du début de la courbe est qu'il n'apparaît dans le dépôt de couche ayant une aimantation bien définie que quand l'épaisseur du dépôt atteint une certaine valeur, et que l'intensité d'aimantation relative aux couches superficielles est plus faible que l'intensité d'aimantation normale.

Dans le présent travail, j'étudie les propriétés magnétiques superficielles ainsi mises en évidence ; j'ai effectué des dépôts de fer sur des cathodes de différentes natures (laiton, argent, cuivre, or, pla-

(1) *J. de Phys.*, 3^e série, t. X, p. 125 ; 1901.

tine), et j'ai trouvé la nature de la cathode sans influence; l'épaisseur limite à partir de laquelle apparaît une couche de propriétés définies est d'environ $83 \mu\mu$ (millionièmes de millimètre); la perturbation initiale des courbes disparaît pratiquement quand le champ dans lequel est obtenu le dépôt est assez intense, c'est-à-dire que la saturation magnétique de toutes les couches, superficielles ou profondes, correspond à la même valeur de l'intensité d'aimantation. J'ai ensuite fait des expériences du même genre avec le nickel; pour ce métal, l'intensité d'aimantation des couches superficielles est, au contraire, plus grande que l'intensité d'aimantation bien définie des couches profondes, et l'épaisseur limite est voisine de $200 \mu\mu$.

Je vais indiquer la marche des expériences ⁽¹⁾, examiner ensuite une objection qu'on pourrait faire *a priori*, puis exposer les résultats avec plus de détails que je ne viens de le faire.

Marche des expériences. — A partir du moment où on ferme le courant d'électrolyse qui dépose le fer sur la cathode, le magnéto-mètre dévie d'une manière continue, et il suffit de noter les positions de la tache lumineuse sur l'échelle de temps en temps, toutes les demi-minutes, par exemple, pour pouvoir construire avec précision la courbe représentant les déviations en fonction du temps. Ces courbes ont, pour des champs de quelques gauss, la forme de la courbe Fe

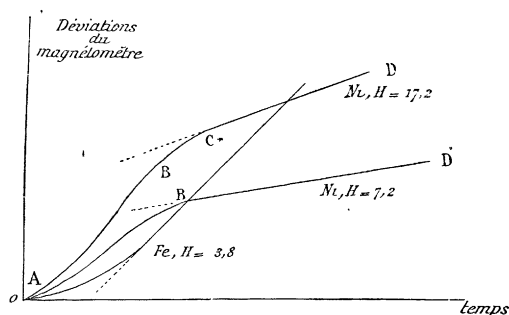


FIG. 1.

de la fig. 1; après les avoir tracées à une grande échelle, on repère, en prolongeant la partie rectiligne, l'endroit où la partie courbe finit;

⁽¹⁾ Je renverrai, pour les détails de la disposition expérimentale, à l'article que je viens de citer; j'ai rappelé brièvement cette disposition dans l'article qui précède celui-ci.

comme le raccordement est tangentiel, il y a une certaine incertitude sur la position de ce point. Il reste à calculer l'épaisseur correspondant à la partie initiale courbe; on détermine la masse de chaque dépôt, arrêté à un moment déterminé, en mesurant la diminution de masse éprouvée par la cathode quand on a fait dissoudre le dépôt de fer par immersion dans de l'acide sulfurique étendu; de la masse totale du dépôt on déduit par proportionnalité celle de la couche déposée pendant la durée correspondant à la partie initiale courbe; d'ailleurs on connaît facilement la surface du dépôt, et on en déduit son épaisseur, en prenant comme valeur de la densité du fer 7,5⁽¹⁾.

Pour que ce mode de calcul soit correct, il faut que la masse de fer déposée par unité de temps reste la même pendant toute la durée des électrolyses; je m'en suis assuré en déterminant pour les bains que j'employais les masses de dépôts obtenus avec les densités de courant utilisées dans mes expériences, et de durées variant depuis la durée maximum de ces expériences⁽²⁾ jusqu'à des temps très courts; les plus faibles de ces masses ne sont que de quelques milligrammes et ne sont pas déterminables avec une grande précision; mais les nombres qu'on en déduit pour la valeur de la masse déposée par milliampère-minute par exemple ne s'écartent pas systématiquement des nombres plus concordants obtenus avec des dépôts de quelques centigrammes. Avec le bain employé dans la plupart de ces expériences, comprenant, par litre d'eau distillée, 20 grammes d'oxalate double de fer et d'ammonium et 8 grammes d'oxalate d'ammonium, la masse de fer déposée par milliampère-minute était d'environ $4,26.10^{-6}$ grammes. J'ai aussi employé la solution obtenue en versant du sulfate ferreux dans une solution concentrée de pyrophosphate de sodium et en agitant.

Les tiges cylindriques de laiton ou de cuivre utilisées comme cathodes ou étaient massives d'environ 4 millimètres de diamètre;

(1) C'est la valeur que j'ai obtenue pour la densité de dépôts électrolytiques de fer plus considérables obtenus dans les mêmes conditions; j'ai déjà fait remarquer, à propos de déterminations d'épaisseurs dont il est parlé dans l'article précédent, qu'il semble que la densité est la même dans les couches superficielles que dans les couches profondes.

(2) Les durées d'électrolyse correspondant à la partie initiale courbe ont varié de une minute et demie à huit minutes, pour des densités de courant de 2 à 10 milliampères par centimètre carré; je laissais durer chaque expérience ensuite assez longtemps pour que la direction de la partie rectiligne continuant la courbe fût bien déterminée; les durées totales des électrolyses ont varié ainsi jusqu'à une vingtaine de minutes.

pour l'or, l'argent et le platine, j'ai employé des tiges de laiton recouvertes d'une couche épaisse et bien polie de ces métaux.

Pour le nickel, les expériences étaient conduites de même, et le bain employé avait la même composition que le bain de fer, mais avec les sulfates au lieu des oxalates ; j'ai vérifié aussi que l'électrolyse de ce bain était régulière pour les durées de mes expériences, qui étaient à peu près les mêmes que pour le fer ; la masse de nickel déposée par milliampère-minute était $14,2 \cdot 10^{-6}$ grammes ; le nickel ne se dissolvant pas facilement dans un acide sans action sur la cathode elle-même, les masses étaient déduites de l'augmentation de masse de la cathode due à la formation du dépôt ; les mesures ainsi faites sont moins bonnes que celles relatives au fer, où on mesurait une diminution de masse.

Examen d'une objection. — On pourrait objecter que la partie initiale courbe provient non pas d'une variation dans les propriétés magnétiques, mais d'une perturbation dans l'électrolyse. Cette hypothèse est inadmissible. En effet :

1° D'abord, l'intensité du courant reste bien constante ; l'établissement de la polarisation cause seulement une très faible diminution de l'intensité dans les premières secondes (1 ou 2 centièmes au plus) ; j'avais justement pris soin, pour réduire l'effet de cette cause de variation, de commander le circuit par une forte force électromotrice (16 accumulateurs) ;

2° J'ai constaté, comme je l'ai dit plus haut, que la masse de fer ou de nickel déposée par milliampère-minute reste la même quand la durée de l'électrolyse varie depuis la durée maximum de mes expériences (vingt minutes environ) jusqu'aux durées les plus courtes qui permettent encore de faire les pesées ;

3° Enfin le fait que, pour les dépôts de fer obtenus dans les champs magnétiques assez élevés, la perturbation initiale disparaît, suffirait à lui seul à montrer que cette perturbation initiale ne provient pas de l'électrolyse ; on ne comprendrait pas en effet comment elle pourrait alors être influencée par la valeur du champ.

La seule interprétation possible est donc celle donnée plus haut.

Résultats. — *Fer.* — L'allure des courbes reste la même, quelle que soit la nature du métal constituant la surface de la cathode ; la partie courbe initiale, bien marquée pour des champs de quelques gauss, devient moins apparente pour les champs de 10 à 15 gauss, et disparaît pour des champs plus élevés. Les valeurs trouvées pour l'épaisseur

limite ne dépendent pas de la nature du bain, ni de la densité du courant; les moyennes de ces valeurs correspondant à chaque métal ne concordent pas complètement, mais les divergences qu'elles présentent s'expliquent suffisamment par la difficulté des expériences, et la nature de la cathode paraît bien ne pas intervenir. Je donnerai, comme exemples, les nombres relatifs aux expériences faites avec les deux métaux pour lesquels j'ai fait le plus petit nombre de déterminations et qui sont aussi — pour cette raison sans doute — ceux pour lesquels les valeurs moyennes des épaisseurs s'écartent le plus de la moyenne générale; pour l'argent les épaisseurs limites trouvées ont été 84,2 μ — 66 — 63,7 — 103; moyenne 79,2; pour le platine, 114,3 — 80 — 122 — 58,2 — 78; moyenne: 92,3. Voici maintenant les valeurs moyennes des épaisseurs trouvées avec les différents métaux employés comme cathodes:

Cathodes de laiton (24 déterminations), moyenne = 83 ³²					
—	argent	4	—	— = 79 ,2
—	cuivre	6	—	— = 79 ,3
—	or	6	—	— = 82 ,6
—	platine	5	—	— = 92 ,3

et la moyenne générale est 83,2 μ .

Nickel. — Les résultats relatifs au nickel diffèrent beaucoup de ceux obtenus avec le fer; les courbes représentant les déviations du magnétomètre en fonction du temps ont la forme représentée par deux des courbes de la fig. 1⁽¹⁾: après une très courte période de variation relativement faible, OA, s'en trouve une de variation rapide AB, se terminant par un coude assez accentué, B; après ce coude B vient une région BC où la courbe se raccorde à la droite CD, qui représente ensuite la déviation; cette région BC est peu inclinée par rapport à la droite CD, de sorte que la position du point C'est très difficile à fixer; d'ailleurs, la région BC n'existe avec une longueur appréciable que dans les courbes obtenues avec des champs élevés (au-dessus de 15 gauss); pour les courbes obtenues avec des champs plus faibles, le raccordement avec la droite paraît se faire très peu après le coude B; aussi la valeur limite de l'épaisseur que j'indique plus loin correspond au point B, qui est mieux marqué que

(1) Les ordonnées sont en unités différentes pour les trois courbes, de manière que les parties intéressantes aient à peu près le même développement dans la figure.

le point C, termine la région nettement troublée de la courbe et est d'ailleurs peu éloigné du point C pour la plupart des courbes. Cette allure des courbes persistait pour les champs les plus élevés que j'ai employés, c'est-à-dire 18 gauss.

La forme des courbes montre qu'il ne s'établit dans les dépôts de nickel de couche ayant une aimantation bien définie que lorsque leur épaisseur dépasse une certaine valeur, et que l'intensité d'aimantation de la plus grande partie des couches plus minces est supérieure à la valeur normale. J'ai trouvé, comme valeur moyenne de cette épaisseur limite $201^{\mu},3$, c'est-à-dire une valeur notablement plus grande que pour le fer; elle paraît d'ailleurs déterminée avec moins de précision que pour ce dernier métal et est sans doute un peu faible, puisque, pour certaines courbes, le coude ne semble pas être tout à fait la fin de la partie troublée.

En résumé, dans ces expériences sont mises en évidence des propriétés magnétiques particulières des couches minces de fer et de nickel; évidemment les conditions réalisées sont bien différentes de celles qui définissent les couches de passage dans des expériences du genre de celles de M. Vincent ⁽¹⁾ ou de M. Moreau ⁽²⁾; en particulier, les deux surfaces d'un dépôt n'ont pas les mêmes propriétés, parce qu'elles ne sont pas formées dans les mêmes conditions; les molécules, en se déposant, sont soumises non seulement à l'action du champ, mais aux actions moléculaires, magnétiques et autres, de la couche déjà existante, actions différentes suivant que cette couche est très mince ou a dépassé une certaine épaisseur; il est fort possible qu'on trouve des résultats différents en étudiant les lames minces de fer ou de nickel obtenues autrement; mais je crois que mes résultats, réunis à ceux obtenus par plusieurs physiciens dans des expériences de genres très différents, appuient justement l'idée que l'épaisseur trouvée pour les couches de passage dépend de la nature et de l'état des corps étudiés, et de la nature des propriétés physiques utilisées pour les mettre en évidence ⁽³⁾.

⁽¹⁾ G. VINCENT, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7^e série, t. XIX, p. 421-516; 1900.

⁽²⁾ G. MOREAU, *J. de Phys.*, 3^e série, t. X, p. 478; 1901.

⁽³⁾ Voir, pour plus de détails à ce sujet, un article récent de *la Revue générale des sciences*.