
SUR L'AIMANTATION ET LA MAGNÉTOSTRICION DES ACIERS AU NICKEL ;

Par H. NAGAOKA et K. HONDA ⁽¹⁾.

Les résultats de nos expériences sur la magnétostriction des aciers au nickel ⁽²⁾ ont été discutés par M. Guillaume ⁽³⁾ et M. Osmond ⁽⁴⁾.

⁽¹⁾ Communication faite à la Société française de Physique. Séance du 6 mai 1904.

⁽²⁾ *J. de Phys.*, 4^e série, t. I, p. 627 ; 1902.

⁽³⁾ *Ibid.*, p. 633.

⁽⁴⁾ *C. R.*, t. CXXXIV, p. 696 ; 1902.

Ces résultats se rapportaient seulement à quatre échantillons, de telle sorte que nous ne pouvions pas, à l'époque de notre première publication, tirer des conclusions définitives concernant la relation entre la composition et la magnétostriction des aciers au nickel.

Après avoir examiné huit nouveaux échantillons, dont nous sommes redevables à la Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville, nous pouvons maintenant donner des courbes de l'aimantation et de la magnétostriction en fonction de la teneur. Nous espérons que nos expériences actuelles fourniront quelques documents pour l'établissement d'une théorie expliquant non seulement les diverses propriétés métallurgiques et mécaniques des aciers au nickel, mais aussi leurs variations thermiques, électriques et magnétiques.

Les barrettes d'acier-nickel ont toutes été tournées en forme d'ovoïdes de 20 centimètres de grand axe et de 1 centimètre de petit axe, que l'on plaçait dans l'axe d'une bobine de 30 centimètres de long et de 0,6 ohm de résistance donnant un champ de 37,97 gauss pour un courant de 1 ampère. L'aimantation était déterminée au moyen d'un magnétomètre, l'effet de la bobine étant compensé par une autre bobine de même moment magnétique, placée symétriquement par rapport au magnétomètre. Les changements de longueur étaient mesurés à l'aide d'un appareil antérieurement décrit⁽¹⁾. L'ovoïde était ensuite enfermé dans un dilatomètre à eau, et les variations du volume étaient mesurées par le déplacement du ménisque. Dans ces expériences, on a pris grand soin d'éliminer les effets de l'échauffement produit par le courant, en enveloppant la bobine dans une double enveloppe d'eau et en observant le déplacement quelques secondes après l'établissement du courant. Les ovoïdes étaient désaimantés par renversement après chaque observation.

Aimantation des aciers au nickel. — A la suite d'expériences faites sur huit échantillons d'acier au nickel de teneurs comprises entre 26,2 et 440/0 de nickel, M. Dumont⁽²⁾ a trouvé un accroissement graduel de susceptibilité par l'élévation de la teneur en nickel. Dans nos expériences, les écarts de teneur étaient plus considérables, de telle sorte que quelques particularités nouvelles des courbes ont pu être mises en évidence.

⁽¹⁾ *Phil. Mag.*, t. XXXVII, p. 431 ; 1894.

⁽²⁾ *C. R.*, t. CXXXVI, p. 741 : 1898.

Comme on verra (*fig. 1*), le champ le plus intense (champ extérieur — facteur de désaimantation multiplié par l'intensité d'aimantation) est d'environ 700 gauss. Pour cette intensité, tous les alliages étudiés sont saturés, de telle sorte qu'un accroissement plus considérable du champ aurait été superflu.

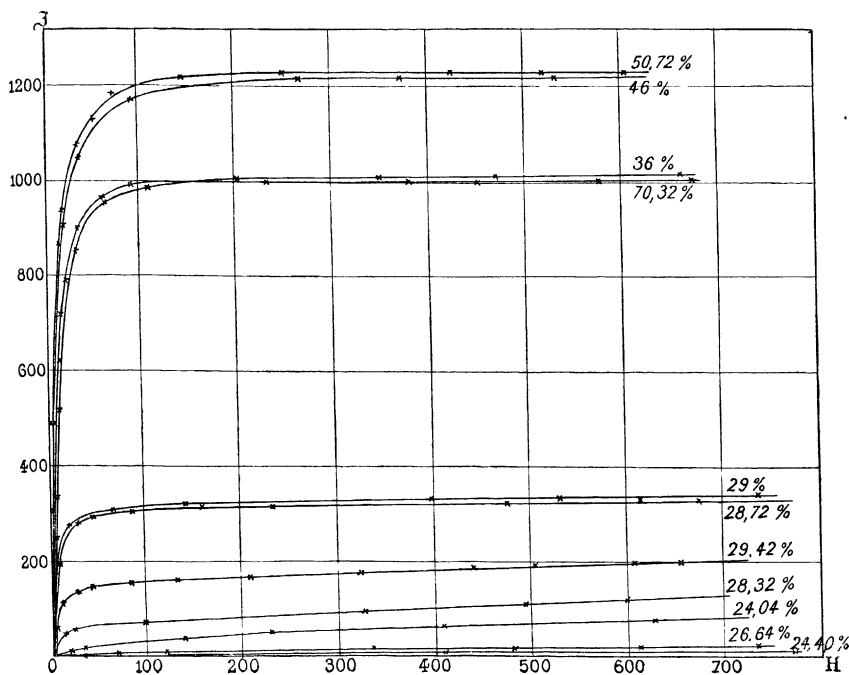


FIG. 1.

Ainsi que l'indique Hopkinson, le magnétisme de l'acier à 23 0/0 de nickel est à peu près nul, tandis qu'il croît des deux côtés de cette teneur.

Le défaut d'échantillons ne nous a pas permis d'opérer avec des alliages à moins de 24 0/0 de nickel.

La courbe d'aimantation en fonction de la teneur présente, pour 29 0/0 de nickel, un maximum accusé, bientôt suivi d'un minimum après lequel la susceptibilité croît de nouveau rapidement et tend vers un nouveau maximum pour des teneurs à peu près égales en fer et en nickel. Ainsi la courbe d'aimantation pour

l'alliage à 46 0/0 est très peu au-dessous de la courbe correspondant à 50,72 0/0.

La teneur en nickel qui correspond au maximum de susceptibilité baisse lorsque le champ croît, et tend vers 50 0/0, comme le montre la *fig. 2*. A partir de ce maximum, la susceptibilité diminue, de telle sorte que les courbes d'aimantation pour 36 et 70,3 0/0 sont à peu près les mêmes. Dans la branche descendante de la courbe de

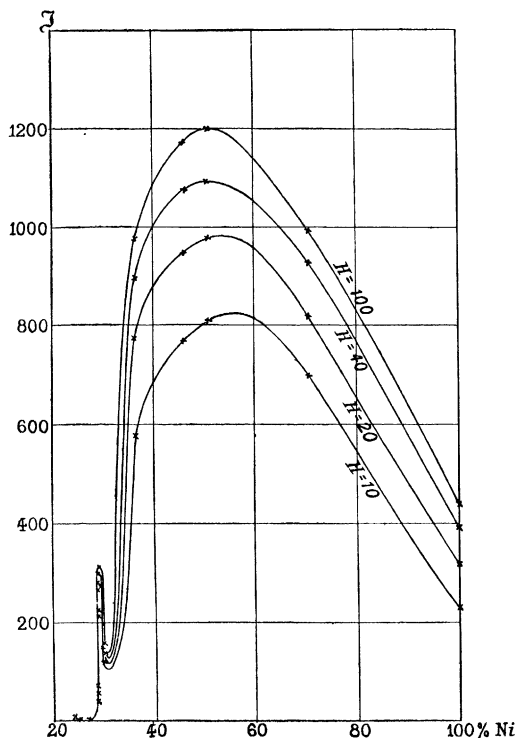


FIG. 2.

susceptibilité en fonction de la teneur, il ne semble pas y avoir de singularité comme dans la branche ascendante. La *fig. 2* montre comment le magnétisme varie avec la teneur en nickel; l'intensité d'aimantation n'est pas du tout régie par la loi des mélanges.

Changements de longueur par aimantation. — Ces changements sont représentés par les courbes des *fig. 3* et *4*. Tous les alliages

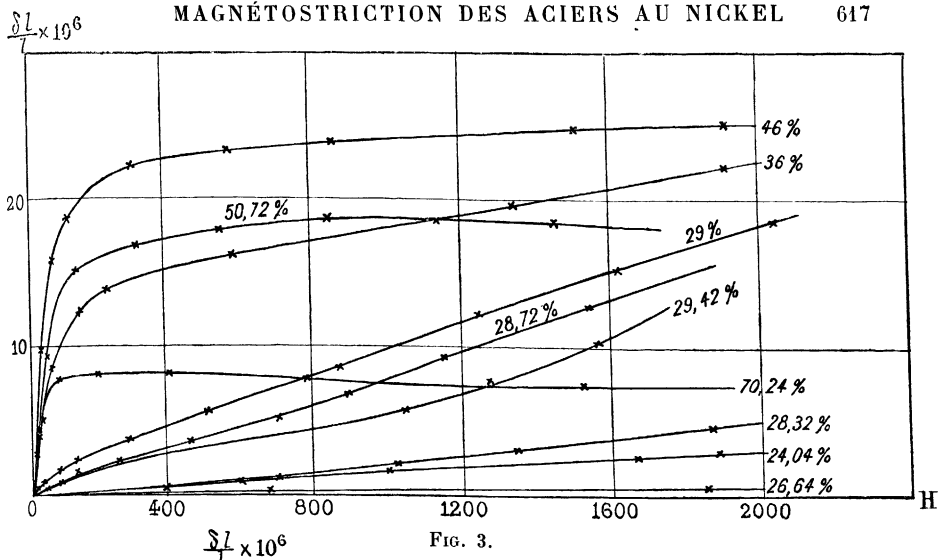


FIG. 3.

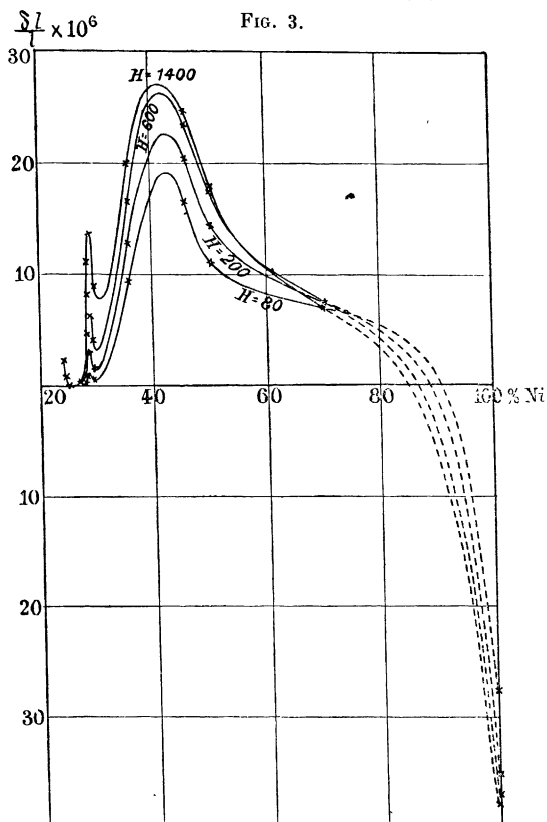


FIG. 4.

examinés montrent, comme on voit, un allongement sous l'action du champ magnétique. Les alliages compris entre 24,04 et 46 0/0 se comportent de façon semblable, et n'indiquent pas un maximum

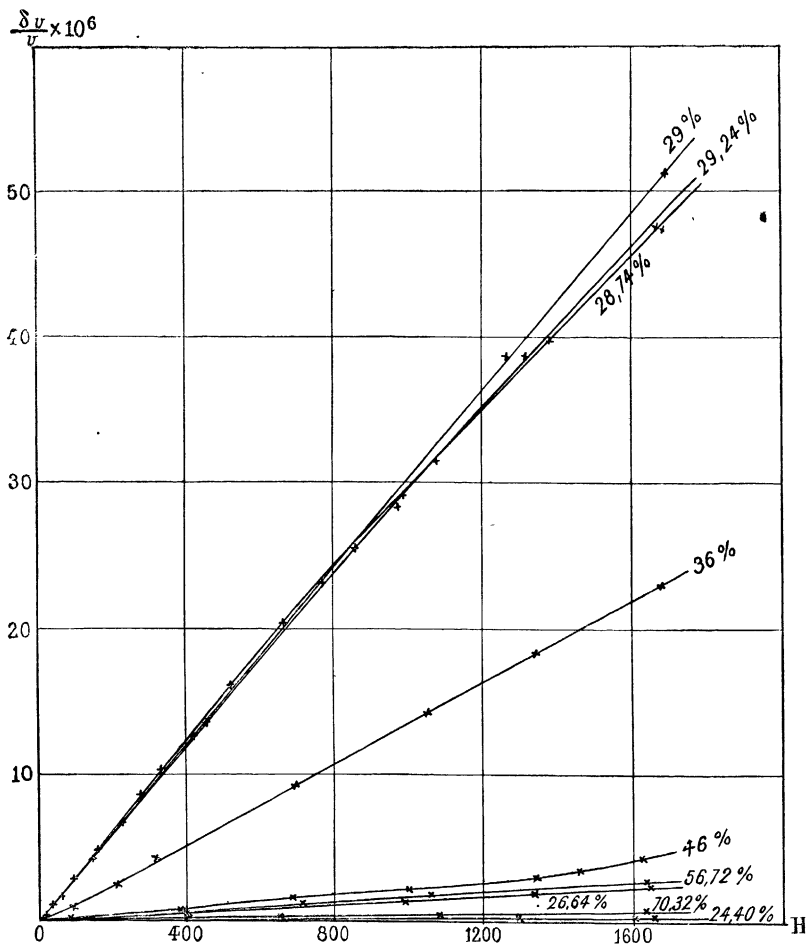


FIG. 5.

d'allongement jusqu'à 2 000 gauss ; toutefois, à mesure que la teneur augmente, une limite à l'allongement se manifeste pour tous ces alliages. Dans les alliages plus riches en nickel, on constate l'existence d'un maximum correspondant à 1 000 gauss environ pour l'alliage à 50,7 0/0 et à 170 gauss pour 70,2 0/0.

L'augmentation du nickel au delà de 50 0/0 fait donc reculer le maximum vers les champs faibles. Le caractère des variations rappelle celui des changements du fer. Pour les teneurs plus élevées en nickel, l'alliage devra montrer une contraction croissante avec le champ. Ce changement remarquable dans le caractère du phénomène se produit probablement lorsque l'alliage approche du nickel pur.

Changements de volume. — Comme nous l'avons indiqué dans une précédente communication, l'action du champ est à peu près

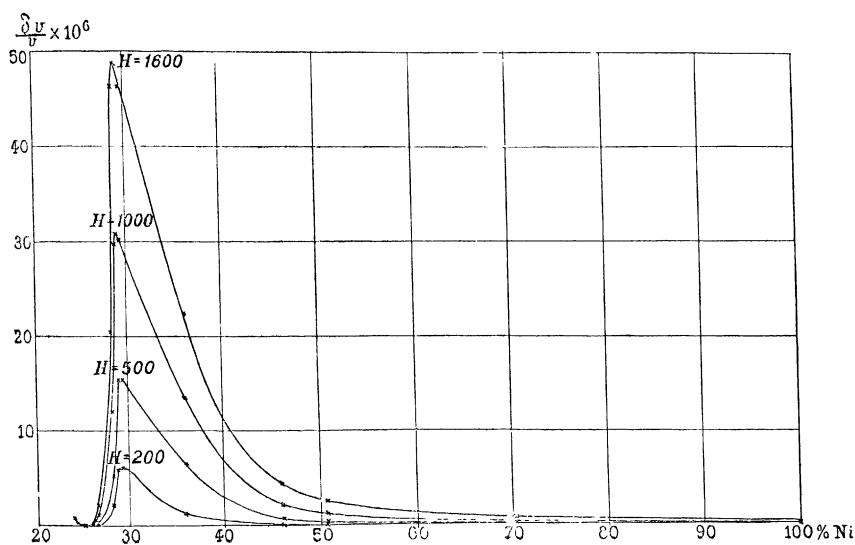


FIG. 6.

proportionnelle à l'intensité de ce dernier. Le changement représenté par les *fig. 5* et 6 est énorme, comparé à celui du fer ou du nickel. L'effet maximum se produit pour 29 0/0 de nickel ; il est d'environ $50 \cdot 10^{-6}$ pour $H = 1\,600$ gauss.

Les courbes tracées en fonction de la teneur s'élèvent rapidement de 25 à 29 0/0 et descendent rapidement aussi de 29 à 40 0/0. Ces variations s'approchent ensuite graduellement de celles qui correspondent au nickel pur.

En diverses occasions, nous avons remarqué que le changement de volume sous l'action du magnétisme est d'une nature différentielle, puisque le changement de volume d'un ovoïde est égal à la somme

de l'allongement dans le sens du champ et du double de l'allongement transversal. En général, l'allongement est positif dans la direction du champ d'aimantation et négatif dans la direction perpendiculaire. Dans le fer et le nickel, la somme des changements de longueur qui représente le changement de volume est à peu près nulle. Tel n'est pas le cas pour les aciers au nickel. On remarquera que le maximum très élevé à 29 0/0 correspond sensiblement au premier maximum de l'aimantation et du changement de longueur qui se produit à une teneur peu éloignée de la limite entre les aciers durs et les aciers doux. Cette coïncidence explique probablement la raison de l'existence du maximum comme effet différentiel.

En examinant les autres propriétés physiques de ces remarquables alliages, on est frappé par la coïncidence singulière des changements accompagnant le magnétisme au voisinage de 29 0/0 de nickel avec le changement des propriétés élastiques et thermiques lorsque le métal passe de l'état dur à l'état doux. Pour cette teneur, la résistance à la rupture est la plus faible, tandis que l'allongement est maximum⁽¹⁾; c'est à peu près pour la même teneur que la température de transformation s'abaisse au maximum, là où l'alliage peut exister à l'état réversible et irréversible; enfin c'est pour cette même teneur que le changement du coefficient de dilatation en fonction de la proportion de nickel est le plus grand⁽²⁾. Ces coïncidences ne sont pas fortuites; mais des recherches concernant les conductibilités électriques⁽³⁾ et thermiques révéleront probablement de semblables singularités dans la même région.

Une théorie vraiment satisfaisante de la constitution de l'alliage doit expliquer non seulement l'aspect métallurgique du métal, mais aussi ses diverses caractéristiques physiques et les réunir en un faisceau. Dans ce but, les investigations différentes dans lesquelles on modifierait les conditions d'examen du métal apporteront une importante contribution à la théorie.

Nous ajouterons en terminant que le magnétisme et la magnétostriction de ces alliages à la température de l'air liquide ont été examinés par MM. Honda et Shimizu, qui ont découvert aussi un certain nombre de faits nouveaux et intéressants.

(1) L. DUMAS, *les Aciers au nickel à hautes teneurs* (Paris, Dunod, 1902).

(2) Ch.-Ed. GUILLAUME, *Recherches sur le nickel et ses alliages* (Gauthier-Villars, 1898) et *les Applications des aciers au nickel* (*ibid.*, 1904).

(3) Voir la note ci-après.