

Instabilité magnéto-élastique : un nouveau modèle validé par de nouvelles expériences

Gerbal Fabien^{1,2}, Wang Yuan¹, Bacri Jean-Claude¹, Lyonnet Florian², Hocquet Thierry^{1,2}, & Devaud Martin¹

1 : Laboratoire Matière et Systèmes Complexes (MSC) UMR 7057 (CNRS) and Université Denis Diderot - Sorbonne Paris Cité, 10 rue Alice Domon et Léonie Duquet, 75013 Paris, France

2 : Université Pierre et Marie Curie - Paris 6, Sorbonne Universités, 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, France

`fabien.gerbal@upmc.fr`

L'instabilité magnéto-élastique désigne un processus de flambage qui intervient quand une tige magnétique et flexible est soumise à un champ magnétique uniforme orthogonal à son axe. Maintenu à l'une ou aux deux extrémités, elle demeure droite tant que le champ n'atteint pas un seuil critique, et au delà duquel, elle fléchit subitement. Cette instabilité a été décrite initialement en 1968 [1]. La théorie consistait à résoudre les équations du champ dans une tige droite et introduire les perturbations qu'occasionne une faible déformation de la tige. Elle prévoyait un seuil qui s'est avéré 50% supérieur aux mesures expérimentales. D'autres auteurs [2] ont montré qu'une prise en compte des effets de bords des tiges à section rectangulaire permettait de réduire cette divergence à 15%. Enfin, un nouveau modèle récent [3] s'applique spécifiquement aux tiges cylindriques qui sont traitées comme une juxtaposition de petits ellipsoïdes indépendants (pour lesquels la magnétisation est uniforme). Cependant, ce modèle prévoit la même valeur de seuil que le modèle initial de 1968.

Nous montrons que ce dernier modèle n'est pas valide dans le cas des ferromagnétiques habituels dans lesquels les portions de tige sont au contraire sous fortes influences des portions voisines. Nous proposons un nouveau modèle dans lequel la magnétisation est supposée uniforme le long de la tige, et globalement déterminée par la portion de tige la plus colinéaire au champ. Ce modèle simple et inédit est extrêmement satisfaisant : il prévoit des valeurs seuil en accord avec les expériences (0.7% d'écart). Nous montrons de plus que les déformations adoptées par les tiges après flambage sont correctement prévues par le modèle. Enfin celui-ci permet aussi de retrouver les courbes de magnétisation du Nickel.

Enfin nous montrerons que cette instabilité se comporte théoriquement comme une transition de phase du second ordre selon le critère de Landau. De ce point de vue, les expériences passées et récentes présentent des aspects surprenants. Nous proposons une explication basée sur l'effet Barkhausen.

Références

- 1- Moon F, Pao YH (1968) Magnetoelastic buckling of a thin plate. *J.App. Mech.* 35(1) : 53-58.
- 2- Miya, K, Hara, K, Someya K (1978) Experimental and theoretical-study on magnetoelastic buckling of a ferromagnetic cantilevered beam-plate. *J.App. Mech.* 45(2) : 355-360.
- 3- Yang W, Pan H, Zheng D, Cai Q (1999) An energy method for analyzing magnetoelastic buckling and bending of ferromagnetic plates in static magnetic fields. *J.App. Mech.* 66(4) : 913-917.