Flambement d'une chaîne d'aimants permanents dans un champ magnétique extérieur

J Lee, Jean Boisson, Corinne Rouby, Olivier Doaré

▶ **To cite this version:**

J Lee, Jean Boisson, Corinne Rouby, Olivier Doaré. Flambement d'une chaîne d'aimants permanents dans un champ magnétique extérieur. CFM 2015 - 22e Congrès Français de Mécanique, Aug 2015, Lyon, France. hal-01411944v2

HAL Id: hal-01411944

https://ensta-paris.hal.science/hal-01411944v2

Submitted on 8 Dec 2016

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.

Flambement d'une chaîne d'aimants permanents dans un champ magnétique extérieur

J. LEE, J. BOISSON, C. ROUBY, O. DOARÉ

Unité de Mécanique (UME), ENSTA-Paristech,
828 Boulevard des Maréchaux, 91762 Palaiseau cedex, France
joosung.lee@ensta-paristech.fr

Abstract :

Above a certain number of magnets, a vertical clamped-free chain buckles under its own weight. This instabiliy can be countered by an external magnetic field. To investigate the effect of an external magnetic field on the chain stability, the dynamics of the chain is modelized using a Lagrangian approach, accounting the magnetic interaction between the cylinders, gravity and the external magnetic field. Eigenfrequencies are determined for diffrents magnetic field magnitudes and are compared to experiments. By analyzing the results, the influence of magnetic fields on the self-buckling chain is finally identified.

Mots clefs : dynamique des systèmes discrets, stabilité, aimant permanent, magnétostatique

Un assemblage d'aimants permanents présente plusieurs configurations stables, telles la chaîne et l'anneau [1]. La stabilité de ces configurations dépend de plusieurs facteurs extérieurs comme la gravité ou la présence de champs magnétiques extérieurs. Nous nous intéressons ici à l'influence d'un champ magnétique extérieur sur le flambement sous son propre poids d'une chaîne d'aimants cylindriques encastrée-libre (cf. figure 1). Le problème est traité numériquement et expérimentalement.

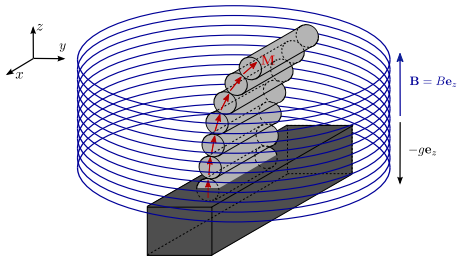
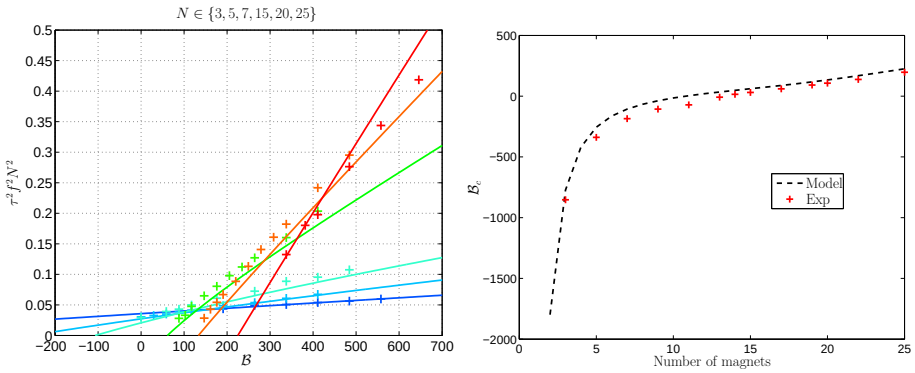


Figure 1: Schéma de la chaîne d'aimants cylindriques d'aimantation **M**, soumise à la gravité déstabilisante et à un champ magnétique stabilisant engendré par un solénoide.

Les équations du mouvement de la chaîne sont obtenues en utilisant le formalisme de Lagrange. Dans la définition du lagrangien interviennent les énergies d'interaction entre les cylindres aimantés, de pesanteur et d'interaction avec le champ magnétique extérieur. Les conditions de roulement entre les éléments de la chaîne sont pris en compte en introduisant des multiplicateurs de Lagrange [2]. Afin d'obtenir des équations dynamiques linéarisées, les énergies d'interaction entre les aimants sont calculées numériquement puis approchées par des séries de Taylor d'ordre 2. Les solutions harmoniques de ces équations sont recherchées. Nous obtenons ainsi un problème aux valeurs propres qui nous fournit les modes propres et fréquences propres.

Des expériences d'oscillations libres sont réalisées sur une chaîne d'aimants permanents cylindriques en néodyme (Nd_2Fe_14B). Ces expériences permettent d'obtenir la première fréquence propre du système. Sur la figure 2.a, son évolution est tracée en fonction du champ magnétique externe et comparée aux prédictions numériques. À partir de ces résultats, les conditions critiques de flambement d'une chaîne sont déterminées pour différents nombres d'éléments de la chaîne N. La figure 2.b présente les limites de flambement obtenues expérimentalement et numériquement.



(a) (b)

Figure 2: (a) : Comparaison des carrés de la première fréquence propre adimensionnée théorique (lignes continues) et expérimentale ('+') des chaînes de N aimants en fonction du champ magnétique adimensionné. Les couleurs, du bleu au rouge, correspondent respectivement à $N = 3, 5, 7, 15, 20, 25$. (b) : Champ critique de flambement de la chaîne pour différents N

References

[1] D. Vella, E. Du Ponctavice, C.L. Hall and A. Goriely, *Proc. Roy. Soc. A*, 470, 20130609 (2014)

[2] Boisson J., Rouby C., Lee J. and Doaré O., *EPL*, 109 (3), pp.34002 (2015)