**Rapport d'étude : Analyse du circuit magnétique d'une bobine sur FEMM**

**Introduction**

Dans le cadre de l'évolution d'un contacteur électromagnétique, il est essentiel de réaliser une étude approfondie du circuit magnétique lié à la bobine élémentaire. Cette étude vise à déterminer le flux magnétique et la force électromagnétique qui influencent directement les performances de l'appareil. Pour cela, le logiciel FEMM (Finite Element Method Magnetics) a été sélectionné afin de modéliser le système et de réaliser les calculs correspondants.

Cependant, des limitations liées à la nature 2D de FEMM ont empêché la modélisation correcte d'une bobine cylindrique. Ce rapport présente les tentatives effectuées, les résultats obtenus, ainsi qu'une analyse théorique pour compléter les études.

**1. Modélisation de la bobine sur FEMM**

**1.1 Modélisation initiale**

FEMM étant un logiciel de simulation électromagnétique en 2D, il permet la création de géométries simples pour des analyses planes ou axisymétriques. Une bobine cylindrique présente une géométrie tridimensionnelle, ce qui complique sa représentation directe dans un environnement 2D.

Pour contourner cette limitation, une modélisation axisymétrique a été tentée. La bobine a été simplifiée en un cylindre représenté par une section circulaire, avec un courant uniforme réparti sur la surface. Cependant, les résultats obtenus se sont avérés non concluants :

* **Distribution du flux magnétique :** La représentation 2D ne capture pas correctement la variation radiale du flux dans une bobine 3D.
* **Calcul de la force :** La force électromagnétique obtenue ne correspondait pas aux valeurs théoriques attendues, probablement en raison de l’approximation géométrique.

**1.2 Limites de la modélisation sur FEMM**

Les limites principales de FEMM pour cette étude sont les suivantes :

* **Incapacité à modéliser directement les structures 3D :** La modélisation d'une bobine cylindrique nécessiterait un logiciel 3D, comme COMSOL ou ANSYS Maxwell.
* **Représentation des courants :** La distribution du courant dans une section circulaire en 2D ne reflète pas fidèlement la répartition réelle des spires dans une bobine.

**2 . Analyse théorique du circuit magnétique**

**2.1 Formules fondamentales**

1. **Flux magnétique (Φ) :**

****

**où :**

* + **Φ\PhiΦ : Flux magnétique (en Weber, Wb)**
	+ **NNN : Nombre de spires**
	+ **III : Courant dans la bobine (en Ampères, A)**
	+ **μ0\mu\_0μ0​ : Perméabilité du vide (4π×10−7 H/m4\pi \times 10^{-7} \, \text{H/m}4π×10−7H/m)**
	+ **μr\mu\_rμr​ : Perméabilité relative du matériau**
	+ **SSS : Section transversale de la bobine (en m2\text{m}^2m2)**
	+ **lll : Longueur moyenne du circuit magnétique (en mètres, m)**
1. **Force électromagnétique (FFF) :
La force électromagnétique qui agit sur une armature mobile peut être calculée par :**

****

**où :**

* + **FFF : Force électromagnétique (en Newtons, N)**
	+ **Les autres paramètres sont identiques à ceux définis ci-dessus.**

**2.2 Paramètres du système**

**Pour une bobine classique :**

* **NNN : Typiquement plusieurs centaines (ex. 500 spires).**
* **III : De quelques ampères (ex. 2 A).**
* **μr\mu\_rμr​ : Dépend du matériau, par exemple μr=1000\mu\_r = 1000μr​=1000 pour le fer doux.**
* **SSS : Une section typique pourrait être 0.01 m20.01 \, \text{m}^20.01m2.**
* **lll : La longueur moyenne d’un circuit magnétique est souvent de quelques centimètres, par exemple 0.1 m0.1 \, \text{m}0.1m.**

**3. Perspectives**

Afin d'obtenir des résultats précis, plusieurs améliorations sont envisageables :

* **Utilisation d’un logiciel 3D :** La modélisation de la bobine sur un logiciel tel que COMSOL Multiphysics ou ANSYS Maxwell permettrait une représentation fidèle.
* **Approche analytique :** Des calculs théoriques détaillés compléteront les éventuelles limitations des outils de simulation.
* **Validation expérimentale :** Une campagne de mesure sur un prototype physique pourrait étayer les résultats obtenus.

**Conclusion**

La modélisation d'une bobine élémentaire sur FEMM a montré ses limites, principalement dues à la nature bidimensionnelle du logiciel. Bien que certaines tentatives aient été réalisées, les résultats obtenus ne sont pas concluants pour une analyse précise du circuit magnétique. Toutefois, une analyse théorique des forces et flux magnétiques a permis de développer une meilleure compréhension des phénomènes en jeu. Pour aller plus loin, l’utilisation d’un logiciel de simulation 3D ou la validation expérimentale seront indispensables.