

## Notice concernant la création et résolution du problème d'aimant en forme de U avec barreau sous GMSH.

Dans ce dossier .zip se trouve l'ensemble des documents qui m'ont permis de créer la simulation de mon problème magnétostatique.

Tout d'abord, les 3 dossiers principaux sont : Aimant\_fer\_de\_cheval2Dextru.pro ; Aimant\_fer\_de\_cheval2Dextru.geo ; data\_aimant\_fer\_de\_cheval.geo. Les autres dossiers permettent simplement de pouvoir ouvrir notre projet sous Onelab au lieu de GMSH directement.

### 1. Dossier data

Dans notre dossier « data » se trouve les paramètres géométriques mais aussi physique du problème. J'en ai profité pour ajouter des paramètres tels que la finesse du maillage, le type de matériau pour l'aimant et la taille de l'entrefer qui sont paramétrable par l'utilisateur, juste avant la simulation.

### 2. Dossier géométrique

Le dossier « Aimant\_fer\_de\_cheval2Dextru.geo » regroupe tout le code permettant de créer la géométrie du problème. Dans mon cas, j'ai commencé par définir mon problème dans un plan 2D et j'ai utilisé une fonction qui permet de faire sortir un volume à partir d'une surface (extrude). J'ai ensuite créé un volume d'air tout autour de notre système qui permet de délimiter notre projet.

### 3. Dossier .pro

Le dossier « .pro » regroupe différentes caractéristiques de notre système :

Dans ce fichier, on définit tout d'abord les régions que l'on a récupéré de notre fichier géométrique. On définit ensuite les fonctions s'il y en a. Pour ma part, j'ai défini le  $\mu$  (perméabilité magnétique) des différents matériaux et la matrice du tenseur qui permettra, une fois intégrée sur un volume autour du barreau de trouver la force exercée par l'aimant sur le barreau. (Cf TP FEMM ventouse magnétique).

On ajoute ensuite le Jacobien puis le type d'intégration que l'on va utiliser (Gauss).

On passe ensuite aux contraintes. On définit la contrainte sur la surface extérieure de l'ensemble : type Dirichlet (Value=0). On pose une contrainte au niveau du U avec la surface nord valant 1 et la surface sud valant 0 pour créer notre aimant. On crée aussi une contrainte sur la surface extérieure du barreau (Value=1) qui une fois intégrée nous permettra de trouver la force exercée sur le barreau.

Il y a ensuite l'espace fonctionnel qui a été définie. On y retrouve 3 espaces fonctionnels :

- Le premier englobe l'aimant et permet de calculer le champ de celui-ci afin d'avoir la direction du flux magnétique  $\mathbf{b}_r$ .
- Le deuxième nous permet de calculer le potentiel scalaire magnétique sur l'ensemble du système.
- Le troisième définit l'espace autour du barreau sur lequel on intègre le Tenseur de Maxwell pour avoir la force.

Concernant la formulation, on commence par formuler notre problème au niveau des aimants pour avoir la direction de  $\mathbf{B}_r$ . On n'a ici pas de courant donc  $\text{rot}(\mathbf{H})=0$ . On sait que  $\mathbf{h}=-\text{grad}(\phi)$ ,  $\mathbf{b}=\mu*\mathbf{h}+\mathbf{b}_r$  et  $\text{div } \mathbf{b}=0$ . On a donc  $-\text{div}(\mu*\text{grad}(\phi)+\mathbf{b}_r)=0$ .

Or on est ici dans le domaine des aimants ce qui nous donne comme équation à résoudre :  $\text{div}(\text{grad}(\phi)) = \text{div}(\mathbf{b}_r)$ . Ensuite, on utilise une autre formulation ( $\mu*\text{div}(\text{grad}(\phi))=0$ ) pour avoir le potentiel scalaire magnétique sur tout le domaine. Une fois la direction de  $\mathbf{b}_r$  trouvée, on la multiplie par la valeur (norme) que l'on a choisi de  $\mathbf{b}_r$  et nous avons l'induction rémanente orientée de l'aimants.

On ajoute ensuite le bloc résolution pour les 2 formulations.

L'avant dernier bloc est le bloc PostProcessing dans lequel on va calculer les potentiel scalaire magnétiques et la force d'attraction de l'aimant sur la barre ( $-\text{TM}[-\mu]*\{\text{grad}(\phi)\}$ ). On remarquera que la force est quasiment unidirectionnelle suivant y.

Le dernier bloc PostOperation permet d'afficher les courbes après résolution et d'avoir des légendes. Il permet aussi de stocker des données de résolution dans d'autres fichiers.