

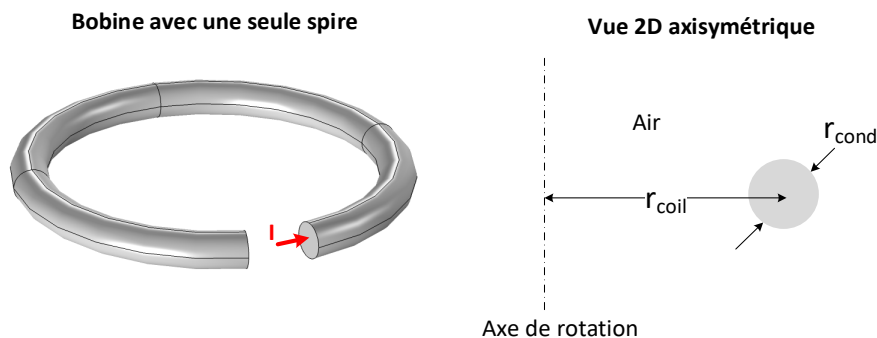


Modélisation et Simulation

TP2 – bobines et échauffement par induction

Description première partie:

Dans la première partie, nous allons modéliser une bobine de type circulaire avec une seule spire. La géométrie comprend la bobine et l'air environnant celle-ci. En faisant une étude de type stationnaire, la valeur de l'inductance, la résistance et le champ magnétique peuvent être calculés.



À l'aide de Comsol Multiphysics, effectuer les tâches suivantes :

1. créer un nouveau modèle 2D-axysymetrique, avec une physique « Magnetic fields » et une étude stationnaire
2. créer la géométrie de la bobine ci-dessus, en exploitant la symétrie radiale. Utiliser : $r_{\text{coil}} = 50$ mm, $r_{\text{cond}} = 1$ mm et le rayon initial de l'air $r_{\text{air}} = 60$ mm ;
3. assigner les matériaux à la géométrie. Pour la bobine, utiliser le cuivre (copper) ;
4. ajouter la bobine (coil) dans la physique « Magnetic Field » et spécifier un courant de 1A ;
5. effectuer une étude paramétrique stationnaire pour vérifier la convergence de la valeur de l'inductance avec les deux conditions aux bords : « Magnetic insulation » et « Perfect Magnetic Conductor » ;
6. déterminer par calcul les valeurs de L_{DC} , R_{DC} et H_z aux coordonnées (0,0) et (0, 50 mm) ;
7. extraire les valeurs de L_{DC} , R_{DC} et H_z pour les coordonnées spécifiées au point précédent ;
8. ajouter un élément infini et extraire à nouveau les valeurs de L_{DC} , R_{DC} et H_z .

Description deuxième partie:

Dans la deuxième partie, nous allons effectuer une étude de type « Frequency Domain » avec la même bobine.

Effectuer les tâches suivantes :

1. calculer la densité de courant de la bobine en DC ;
2. effectuer une étude fréquentielle à $f = 100\text{Hz}$ et afficher la densité de courant du conducteur. Que constatez-vous ?
3. calculer l'épaisseur de peau (skin depth) ainsi que la résistance R_{AC} de la bobine ;
4. adapter le maillage du conducteur pour prendre en compte l'effet pelliculaire à des fréquences plus élevées;
5. effectuer une étude paramétrique avec $f = 10\text{KHz}$, 100KHz et 1MHz . Pour les trois fréquences, afficher la densité de courant et extraire les résistances R_{AC} . Que constatez-vous ?

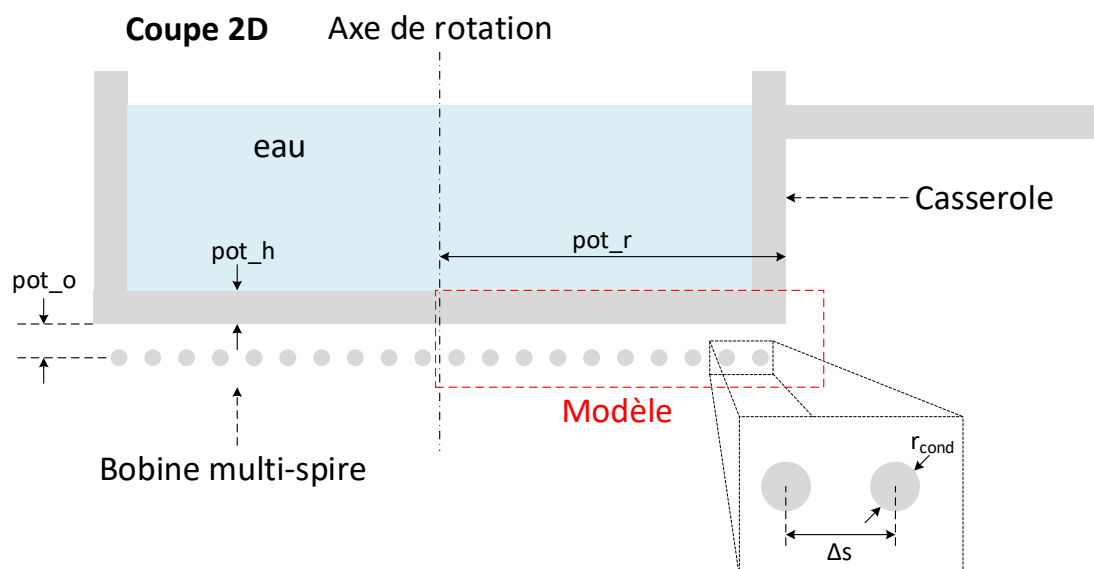
Description troisième partie:

Dans cette troisième partie, nous allons modéliser l'échauffement par induction d'une casserole. Nous allons uniquement modéliser la bobine multispire ($N = 13$) et le fond de la casserole.

L'échauffement par induction est une technique sans contact qui permet de chauffer des pièces ferromagnétiques. Le processus d'échauffement est dû à : i) des pertes par hystérèse et ii) des pertes par courant de Foucault et iii) des pertes d'excès. Dans ce modèle, les pertes par hystérèse et d'excès seront négligées pour des raisons de complexité.

Les pertes par courant de Foucault sont causées par des courants circulaires induits par le champ magnétique alterné généré par la bobine. À cause de la résistivité du matériau de la casserole, les courants de Foucault génèrent des pertes dissipées sous forme de chaleur (Joule heating).

À cause de l'effet pelliculaire, la pénétration du champ magnétique dans le fond de la casserole dépendra de la fréquence du courant injecté dans la bobine.



Effectuer les tâches suivantes :

1. estimer la profondeur de pénétration du champ magnétique dans le fond de la casserole sachant que $f = 20\text{kHz}$;
2. créer la géométrie du système ci-dessus (uniquement la partie en rouge), en exploitant la symétrie radiale (2D axisymmetric). Utiliser : $r_{\text{cond}} = 1\text{ mm}$, $\Delta s = 3.5\text{ mm}$, $r_{\text{air}} = 60\text{ mm}$, $\text{pot}_r = 50\text{ mm}$, $\text{pot}_h = 5\text{ mm}$ et $\text{pot}_o = 2\text{ mm}$ (distance bobine - casserole) ;
3. ajouter le matériau « soft Iron (With Losses) » à la casserole avec les paramètres suivants :
 - a) perméabilité relative (Relative permeability) $\mu = 200$;
 - b) conductivité thermique (thermal conductivity) $\lambda = 76.2\text{ W/(K}\cdot\text{m)}$;
 - c) capacité thermique (heat capacity at constant pressure) $C_p = 440\text{ J/(Kg}\cdot\text{K)}$;
 - d) densité (density) $\rho = 7870\text{ kg/m}^3$.
4. ajouter un nœud multiphysique pour modéliser l'échauffement électromagnétique (Electromagnetic Heating → Induction heating);
5. assigner le domaine de l'air à un fluide et ajouter la condition au bord « Temperature » à l'extrémité de l'air (élément infini) ;
6. effectuer une simulation « fréquence-stationnaire » et afficher la densité de courant de Foucault au fond de la casserole avec $f = 20\text{ kHz}$ et $I = 10\text{ A}$. Une observation ?
7. refaire le point 7 avec $f = 1\text{ kHz}$, 10 kHz et 20 kHz . Que constatez-vous ?
8. extraire la valeur maximale de l'induction magnétique B_{max} et estimer la valeur de la densité volumique de la perte de puissance $Q_h\text{ [W/m}^3\text{]}$.
9. effectuer une simulation de type « fréquence-transitoire » et afficher l'évolution de la température en fonction du temps. Utiliser $f = 20\text{ kHz}$.