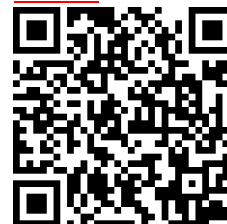
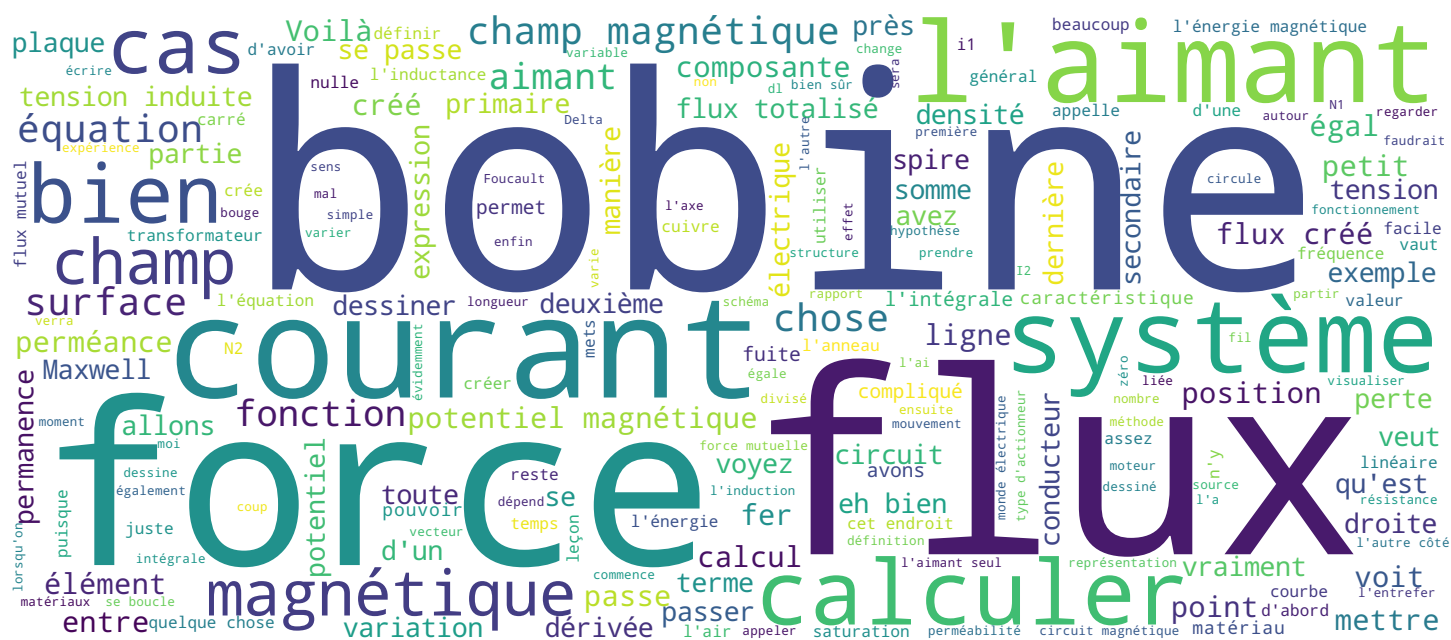
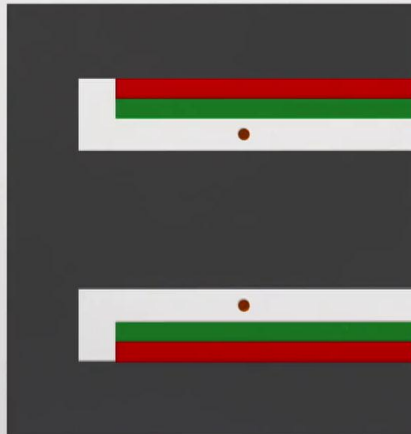


Prof. Perriard & Dr Koechli





$$F_x = \frac{1}{2} \frac{d\Lambda_a}{dx} \Theta_a^2 + \frac{1}{2} \frac{d\Lambda_b}{dx} \Theta_b^2 + \frac{d\Lambda_{ab}}{dx} \Theta_a \Theta_b$$

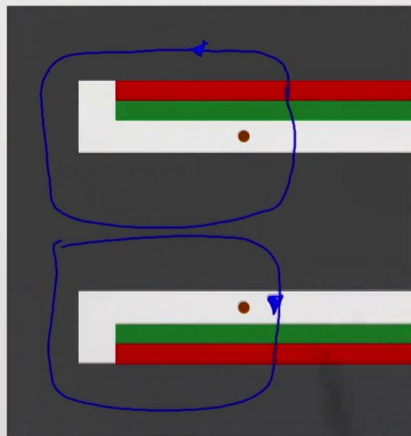
Bonjour. Aujourd'hui nous allons faire un exemple un peu plus compliqué pour calculer la force dans un cas avec une bobine et un aimant. Ça va me permettre d'illustrer la méthodologie générale pour calculer une force dans ce type d'actionneur. L'actionneur qu'on va utiliser, c'est un actionneur qu'on appelle électrodynamique. Sa particularité, c'est d'avoir un aimant fixe ou des aimants fixes. C'est représenté en rouge et vert. Et puis une bobine mobile, c'est ce qu'on voit avec les deux ronds oranges. Puis on a une structure magnétique en gris. La structure magnétique est là pour conduire le flux de l'aimant. Et puis la bobine, elle va être bobinée dans la troisième dimension de ma représentation, mon dessin, celle qu'on voit pas. Donc autour de la partie centrale qui est réalisée en matériaux ferromagnétiques. Ma bobine, elle vient comme ça et puis, elle est capable de bouger latéralement. Il faut calculer la force dans ce type d'actionneur. Donc, il y a ce coup-là, un ou plusieurs aimants. Et puis, une bobine. Donc ma force, elle va être calculée au moyen de ma formule de la dernière fois, à savoir avec une composante qui est liée à l'aimant seul, une composante qui est liée à la bobine seule et puis, une composante mutuelle. Donc on va vraiment décomposer les choses en trois étapes.

Notes

Summary



0m 04s



$$F_a = \frac{1}{2} \frac{d\Lambda_a}{dx} \theta_a^2$$

$$\Lambda_a = \frac{\Phi}{\mathcal{R}}$$

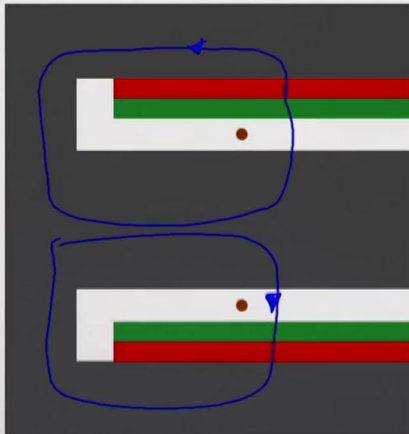
Premier cas : force due à l'aimant seul. Donc on a nos aimants ou notre aimant. Le système étant totalement asymétrique, on va calculer la force qui s'exerce sur ce conducteur et puis après, on va la multiplier par 2 pour avoir la force sur le système complet. Bon, ça, c'est de la musique d'avenir. On va déjà regarder ce qui se passe, qu'est-ce qu'il y a lorsqu'il y a une force avec l'aimant seul. On va regarder quel est le flux créé par l'aimant, donc le flux créé par l'aimant, il va passer dans la partie ferromagnétique. Puis, se reboucler à peu près, comme ça. Puis, comme il y en a un deuxième, on a la même chose, mais de l'autre côté, à peu près. Donc. Comme ceci. Ça, c'est le flux qui est créé par les aimants. Si on se rappelle, la perméance Λ , on peut l'écrire comme étant le flux créé par l'aimant quand il y a rien d'autre divisé par le potentiel qui est le [inaudible 00:03:19]. Voilà maintenant si je commence à bouger la position de la bobine, est-ce que ça change le flux créé par l'aimant ? Bonne question, est-ce que ça change ? Ça va dépendre d'une chose, ça va dépendre de la perméabilité de la bobine et puis si on la sort éventuellement de l'endroit où est l'aimant, faut les deux.

Notes

Summary



1m 43s



$$F_a = \frac{1}{2} \frac{d\Lambda_a}{dx} \theta_a^2 = 0$$

$$\Lambda_a = \frac{\Phi_a}{\mathcal{R}_a} \quad \frac{d\Lambda_a}{dx} = 0$$

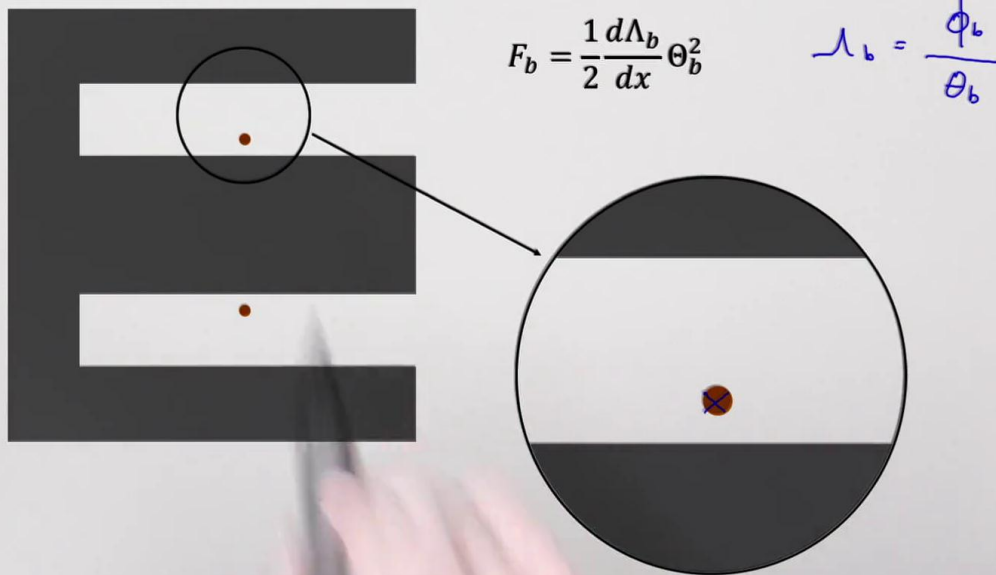
Il faudrait que la bobine soit réalisée dans un conducteur magnétique donc en fer, ce qui est pas le cas. Ici, elle est en cuivre. Et puis il faudrait qu'on la sorte de l'endroit où se trouve l'aimant. Donc en gros, la variation de Λ_a nous fonction de la position de la bobine, elle est nulle. Cool, ça va bien, une de moins à calculer.

Notes

Summary



3m 48s

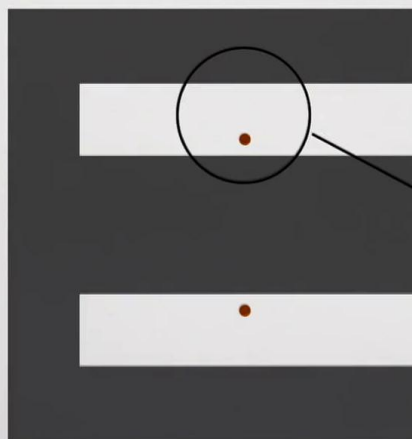


Cette composante-là, elle est nulle. On fait la même chose pour la bobine. Donc la bobine seule. Je dois calculer la perméance de la bobine. Λ_b . Alors là, c'est à peine plus compliqué, c'est le flux créé par la bobine divisé par le potentiel magnétique qui le crée. Bon je vais mettre du courant dans la bobine. Allez, je décide unilatéralement de mettre du courant dans ce sens-là. Je mets du courant dans la bobine. On a oublié l'aimant. Vous voyez que je l'ai pas dessiné. Si on veut vraiment faire les calculs correctement, il faudrait qu'on tienne compte du flux de l'aimant dans le calcul des perméances du circuit magnétique, mais comme d'habitude on suppose que le fer est égal à infini. On ne va pas s'en préoccuper là et puis au stade où on en est, c'est pas nécessaire. Donc je mets du courant dans la bobine. Le courant, comme ma bobine est bobinée autour de la partie centrale, il va pénétrer dans ce cas dans mon tableau et puis ça va me créer un flux. Alors si je dessine les lignes de champ... Alors, j'ai fait un zoom, j'ai oublié de dire. J'ai fait un zoom pour qu'on voie quelque chose de cette partie ici, je l'ai mise là, ça me crée un flux. Le flux, il va tourner autour de mon conducteur.

Notes

Summary

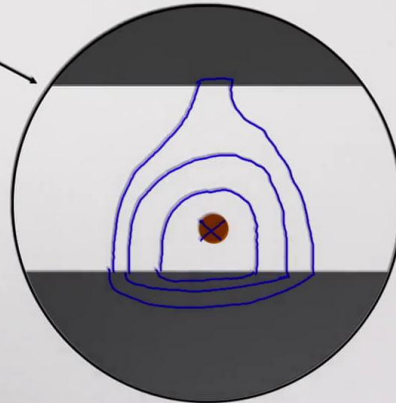




$$F_b = \frac{1}{2} \frac{d\Lambda_b}{dx} \theta_b^2 = 0 \quad \Lambda_b = \frac{\phi_b}{\theta_b}$$

$$\frac{d\phi_b}{dx} = 0$$

$$\frac{d\Lambda_b}{dx} = 0$$



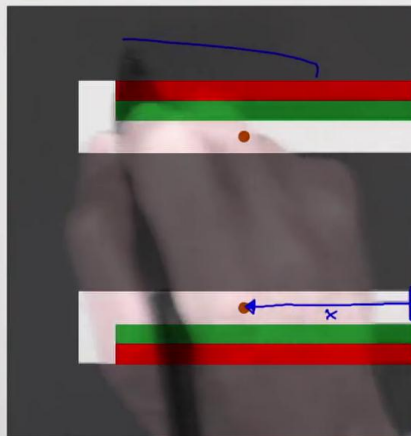
Donc, il va tourner et je dessine quelques lignes de champ, à peu près. Et puis la dernière, en générale, il fait un truc comme ça, puis ça repart là. C'est pas trop mal. Et vous voyez que si je me déplace un tout petit peu, mais ça va pas changer la lueur des lignes de champ. Il faut vraiment que j'aie mette mon conducteur pas loin du coin pour qu'on commence à avoir un effet de l'extrémité de la partie magnétique ou bien alors qu'on se mette avec la bobine qui sort de la structure pour qu'on a une vraie variation du flux. Le flux, je sais pas dessiner complètement mais ça va se reboucler. Ça se boucle comme ça. Puis celle-là, elle se boucle également. J'avais dessiné que dans l'air mais ça se boucle dans le fer également. Ok donc le flux créé par la bobine et qui passe, entre guillemets, dans la bobine, si on bouge un peu la position de cette bobine et qu'on n'est pas au bout ici ou près du bord à cet endroit-là, ne va pas varier. Donc à nouveau, si $d\Phi_b / dx = 0$ $d\Lambda_b / dx = 0$ et donc, ma force est nulle.

Notes

Summary



5m 51s



$$F_{ab} = \frac{d\Lambda_{ab}}{dx} \Theta_a \Theta_b \quad \Lambda_{ab} = \Lambda_{ba} = \frac{\Phi_{ba}}{\Theta_a}$$

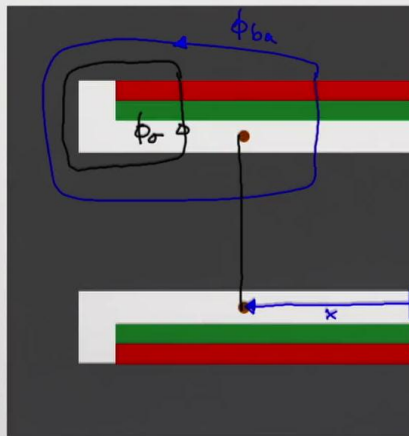
Et de deux. Bon, il faut pas que la dernière soit nulle, autrement, on est mal. C'est la force mutuelle. Je vais quand même mettre la position x . Alors, je vais le faire de manière relativement intéressante pour moi. Je vais prendre la position x ici. J'aurais pu la prendre de l'autre côté, mais ça, c'est plus malin de le faire comme ça. Je vais dessiner quand même deux chemins du flux parce que, ce que j'ai pas encore dit, c'est que je dois calculer Λ_b . Λ_b , je trouve que c'est plus facile de calculer comme étant Λ_{ba} , le flux qui passe dans la bobine et qui est créée par l'aimant. Puis c'est divisé par le potentiel magnétique qui le crée, donc le potentiel de l'aimant. C'est plus facile à visualiser pour moi. On pourrait calculer la même perméance en calculant le flux mutuel Λ_{ab} divisé par le potentiel magnétique de la bobine, mais c'est moins évident à visualiser. On a un flux créé par l'aimant. Alors je vais le dessiner. Je vais redessiner des lignes de champ que là je vais m'occuper que du haut et puis on va décider qu'en bas, on a exactement la même chose. J'ai un flux magnétique. Je vais dessiner deux lignes de champ. Donc c'est créé par l'aimant. Je dessine une première ligne de champ comme ça.

Notes

Summary



7m 42s



$$F_{ab} = \frac{d\Lambda_{ab}}{dx} \Theta_a \Theta_b \quad \Lambda_{ab} = \Lambda_{ba} = \frac{\Phi_{ba}}{\Theta_a}$$

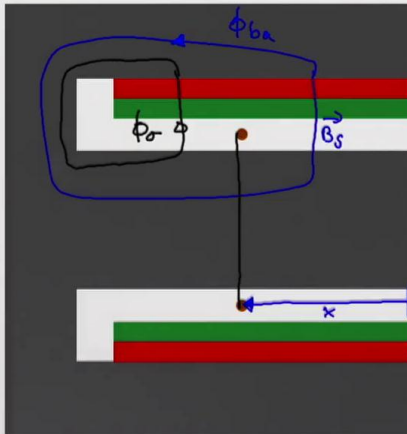
J'ai un flux. Et puis je dessine une deuxième ligne de champ. Je vais la dessiner en noir celle-là. Et si on regarde bien, on se rend compte que c'est les deux du flux créés par l'aimant, mais si ma bobine est faite comme ça, la ligne de champ bleu, c'est du flux qui passe dans l'aimant qui est créé par l'aimant et qui passe dans la bobine. La ligne de champ noir, c'est du flux qui est créé par l'aimant et puis, qui ne passe pas dans la bobine. La bobine est bobinée et comme ça, donc vraiment, pour passer dans la bobine, il faut couper... J'allais dire l'axe de la bobine. C'est pas l'axe, mais le plan dans lequel se situe la spire. J'ai dessiné une bobine avec une seule spire ici. Donc le plan dans lequel se situe ma spire. Donc si je regarde mon flux noir, c'est un flux de fuite et puis, mon flux bleu, c'est un flux mutuel. Ok. Donc mon flux mutuel, c'est tout le flux qui circule et qui va être à la droite de ma bobine dans cette représentation-là. Maintenant, si dans l'autre fer, j'ai comme induction $b\Delta$, à supposer que vous savez calculer le point de fonctionnement de l'aimant, l'induction dans l'aimant, l'induction dans l'entrefer et que vous avez calculé $b\Delta$.

Notes

Summary



9m 42s



$$F_{ab} = \frac{d\Lambda_{ab}}{dx} \Theta_a \Theta_b \quad \Lambda_{ab} = \Lambda_{ba} = \frac{\phi_{ba}}{\Theta_a = H_0 l_a}$$

$$\phi_{ba} = B_s x h$$

$$F_{ab} = \frac{d\phi_{ba}}{dx} \cdot \frac{1}{\Theta_a} \cdot \Theta_a \Theta_b = B_s \cdot h N i$$

$$F_{tot} = 2 F_{ab} = 2 B_s h \cdot N \cdot i$$

Mon flux ba est égal à $b\Delta$ fois la surface. La surface, c'est x fois la profondeur qu'on va appeler h . x fois la profondeur, ça me donne la surface que parcourt en quelque sorte le flux ba. Ça, ça me donne le flux. Puis voilà, à partir de ce flux, on va pouvoir calculer Λ_{ab} . Et puis, ça dérivait. Si j'établis où j'écris la dérivée de Λ_b en fonction de x , de la position. Le potentiel magnétique de l'aimant va pas varier. En fonction de la position de la bobine, le potentiel magnétique de l'aimant, c'est $h_0 l_a$. Donc ça varie pas en fonction de x . Donc ce qui varie, c'est Φ_{ba} . Donc, ma force ab, c'est $d\Phi_{ba}$ sur dx fois $1/\Theta_a$, c'est ce qui reste d'ici fois Θ_a fois Θ_b . Ça, ça simplifie puis $d\Phi_{ba}$ sur dx , c'est trivial, ça me donne $b\Delta \times h \Theta_b$, c'est N fois i . Ça, ça me donne la force mutuelle. Maintenant, il faut calculer le tout. Ça, il ne faut pas oublier. Les étudiants oublient toujours ça à l'examen. C'est qu'en gros, en a deux composantes de la bobine, il y a le fil qui est là, puis, il y a le fil qui est là. Donc ma force totale sur la bobine, c'est 2 fois F , que j'ai appelé ab. C'est un peu malheureux. J'aurais dû l'appeler F_{ab} 1 fil. Ouais, je vais faire ça, 1 fil. Ça donne $2b\Delta h$ fois N fois i . Ça, ça devrait quand même vous mettre la puce à l'oreille. Cette représentation-là, elle vous est pas complètement inconnue mais ça, on verra la prochaine fois.

Notes

Summary





- Application du calcul de la force
- Actionneur électrodynamique: bobine mobile, aimant fixe
- Force linéaire: $F = k i$

En conclusion cet exemple nous a permis de découvrir un deuxième type d'actionneur : actionneur électrodynamique qui a un aimant fixe et une bobine mobile. On a vu que dans ce cas, on a une force purement mutuelle pour autant bien sûr que la bobine n'aille pas trop près des bords. On a vu aussi que la force est linéaire en fonction du courant. Ces actionneurs ont bien d'autres avantages et aussi quelques inconvénients. On pourrait aborder encore plein d'autres exemples de calcul de force par la dérivée de la coénergie mais je vous les laisse pour les exercices.

Notes

Summary



14m 29s