



$$\vec{\text{rot}} \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\vec{E} = \rho \vec{J}$$

$$\vec{\text{rot}} \vec{J} = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

Bonjour le sujet d'aujourd'hui. Les courants de Foucault par phénomènes qui souvent nous ennuiant parce qu'ils créent des. Mais on peut aussi en profiter, comme par exemple dans les freins, pour ralentir les camions qui peuvent être faits avec des systèmes à courants de Foucault. On va donc voir à quoi ces pertes sont dues. Comment essayer de limiter? Les courants de Foucault, c'est quelque chose qu'on peut expliquer directement avec les équations de Maxwell, alors je vous en ai écrit une. C'est la deuxième équations de Maxwell avec une équation liée au matériau qui fait. Des équations de Maxwell dans. C'est l'équation qui nous donne une gallerie puisque quand on l'intègre, eh bien c'est bien ce qu'on obtient. Et puis, si on remplace le champ électrique dans l'équation de la deuxième équations de Maxwell, eh bien on obtient que. Notre rotationnel de la densité de courant est bien vos. Quelque chose qui est proportionnel à l'inverse de la résistivité. Et puis. À la variation de l'induction magnétique. Qu'est ce que ça veut dire que ça? Ça veut dire que si j'ai un champ d'induction magnétique qui varie, eh bien je vais avoir un apparition d'une densité de courant qui va tourner autour de ce champ qui varie.

Notes

Summary

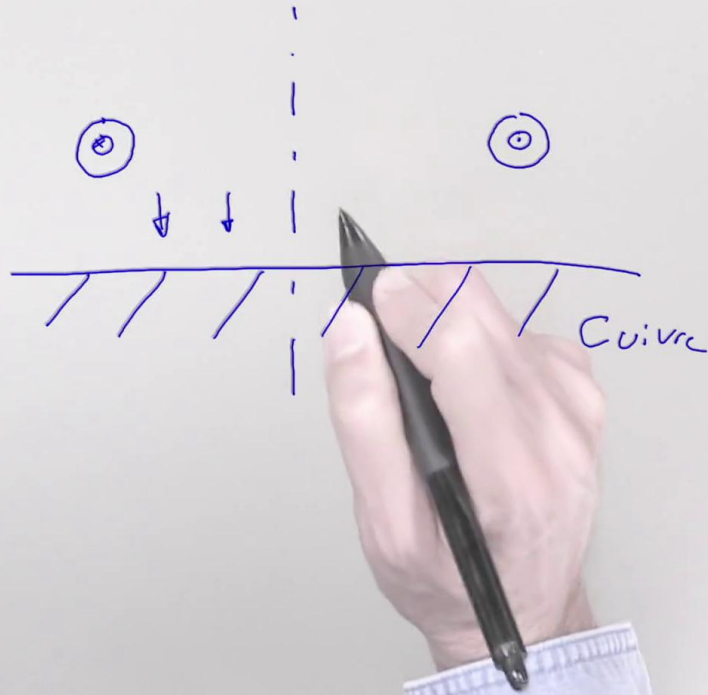


0m 04s

$$\vec{\text{rot}} \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\vec{E} = \rho \vec{J}$$

$$\vec{\text{rot}} \vec{J} = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$



Et puis, ça va dépendre bien sûr de la résistivité. Ça veut dire que si vous avez un isolant, il n'y a pas de courant. Si vous avez du cuivre, et bien il va y en avoir pas mal. Alors plutôt que de faire des résolutions d'équations. Une fois n'est pas coutume, on va essayer de voir ce qui se passe dans un petit exemple qu'on va traiter avec un logiciel de calcul par éléments finis. Alors le petit exemple, c'est d'avoir. Une plaque? En cuivre, donc typiquement. Une plaque comme ça et puis ça, ce sera du cuivre. On va supposer que elle est infiniment épaisse, mais ça, c'est une supposition qui, on le verra, n'est pas forcément nécessaire. Elle pourrait avoir une épaisseur du moment que ce n'est pas une plaque toute fine, ça change pas grand chose. Autre chose qu'on va supposer, c'est qu'on a une bobine, alors la bobine, elle va. Être réalisé de manière circulaire, donc autour de un axe, cet axe, on va le dessiner ici. Un système circulaire avec du courant dans la bobine. Le. Avoir un système où le courant pénètre dans le tableau ici et en ressort ici. Et puis ça, ça va nous créer. Un champ magnétique? Qui va pénétrer dans la plaque alors ça sera pas tout à fait parallèle parce que c'est pas une bobine de système à bobines de Helmholtz.

Notes

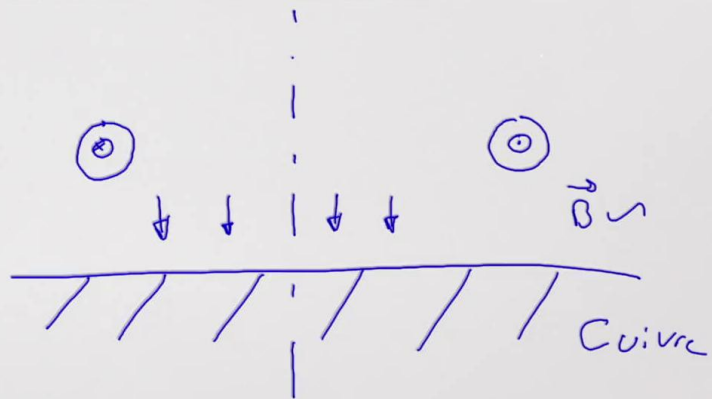
Summary



$$\vec{\text{rot}} \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\vec{E} = \rho \vec{J}$$

$$\vec{\text{rot}} \vec{J} = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$



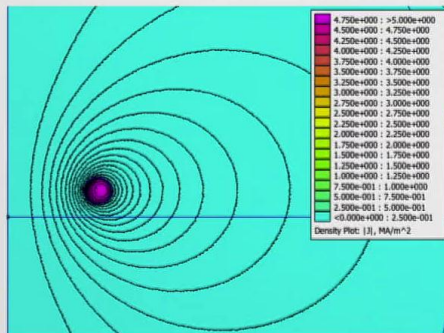
Ça serait d'ailleurs assez difficile à faire dans ce cas là. Si on veut montrer des courants de Foucault va mettre une deuxième bobine de l'autre côté, ce sera un peu plus compliqué, mais bref, ça n'a pas besoin d'être parfaitement homogène pour notre exemple et on va donc avoir un champ. Qu'on va faire varier. Et puis, on va faire varier la fréquence d'alimentation du courant et donc ça va nous faire varier la fréquence d'alimentation du chien, on va supposer qu'il est sinusoïdal dans notre cas. Alors j'ai fait des simulations avec le logiciel de calcul par éléments finis. J'ai fait une simulation que de la moitié droite de mon dessin parce qu'on réduit le temps de calcul dans les systèmes Siemens. Lamoitié, qu'est ce que ça donne?

Notes

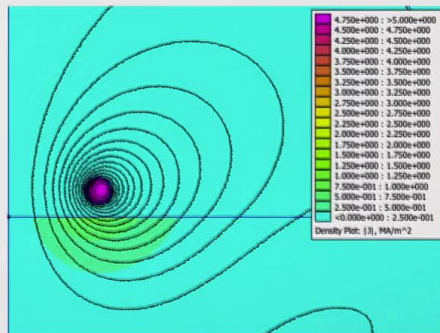
Summary



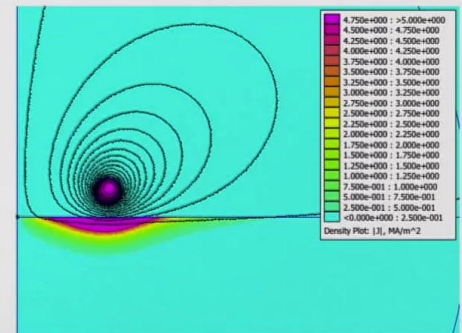
3m 40s



1Hz



100Hz



10kHz

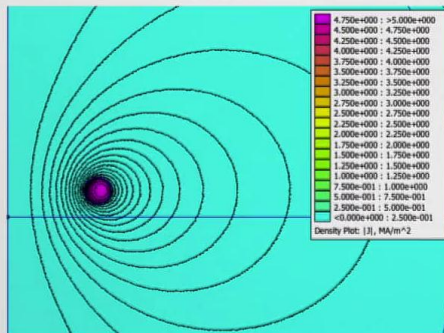
Alors voyez bien là, on a la moitié. Avec le conducteur électrique et puis la plaque en cuivre, elle est en dessous. Et puis je vous aidessiné. Le logiciel a dessiné les lignes de champ qui viennent bien autour du conducteur. Il doit y en avoir un autre de l'autre. BLS est symétrique et puis dans un. J'ai alimenté le système avec une fréquence de 1 Hz et on voit que le fait qu'il y ait du cuivre en dessous, il n'y a absolument aucun effet ou très, très peu d'effet. On ne le voit pas sur les lignes de champ. Quand je passe à 100 Hz, on voit que on va avoir une légère déformation des lignes de champ, c'est à dire qu'après avoir augmenté la fréquence et bien le. Allez, moins profond dans la plaque en cuivre. Et puis on va avoir. Une densité de courant dans la plaque en cuivre et c'est ce qui est représenté par le dégradé de couleurs, donc les valeurs fortes de la densité de courant sont plutôt en violet. Les faibles sont en bleu. On voit qu'on a beaucoup de densité de courant dans la bobine, ce qui est normal. Et puis, en dessous, on en a un peu. Donc on voit apparaître du courant dans la plaque en cuivre. Et puis, ce courant est bien et va faire que les lignes de champ ne peuvent plus aller aussi profond.

Notes

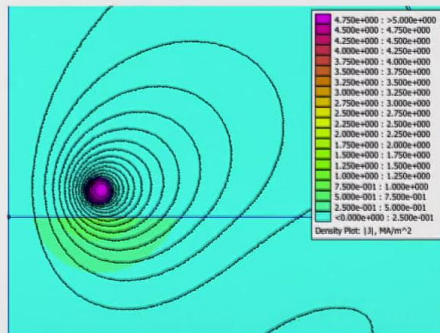
Summary



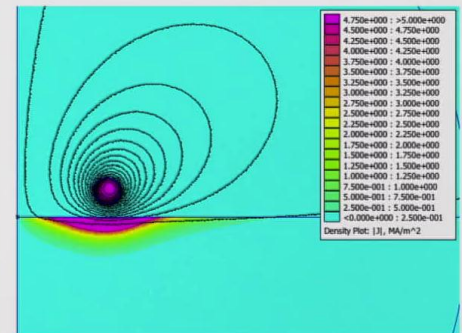
4m 43s



1Hz



100Hz



10kHz

Elles sont dans la plaque en cuivre. Elles sont plus symétriques. J'augmente à 10 kHz, c'est un saut assez brutal et on voit que ce coup là est bien. Le champ ne pénètre plus dans le cuivre. Ce qui se passe, c'est qu'il y a un courant qui est induit dans cette plaque en cuivre. Et puis, ce courant va en fait créer un champ magnétique qui va s'opposer à la pénétration du flux créé par la bobine. Ça, c'est la grande chose à retenir au niveau des courants de Foucault. C'est que lorsqu'on a un champ variable, donc avec une certaine fréquence. Et bien, si on met un conducteur électrique dans ce champ variable, eh bien on va avoir création de courants de Foucault et on les voit vraiment bien ici. A ces courants de Foucault, ils vont créer un champ, en quelque sorte secondaire. Où? Un des. Qui va s'opposer aux champs originaux ou initiaux variables. Donc, on a vraiment lorsqu'on est un conducteur électrique dans un champ magnétique variable, et bien les courants de Foucault vont faire que ce champ magnétique ne peut plus pénétrer dans le conducteur.

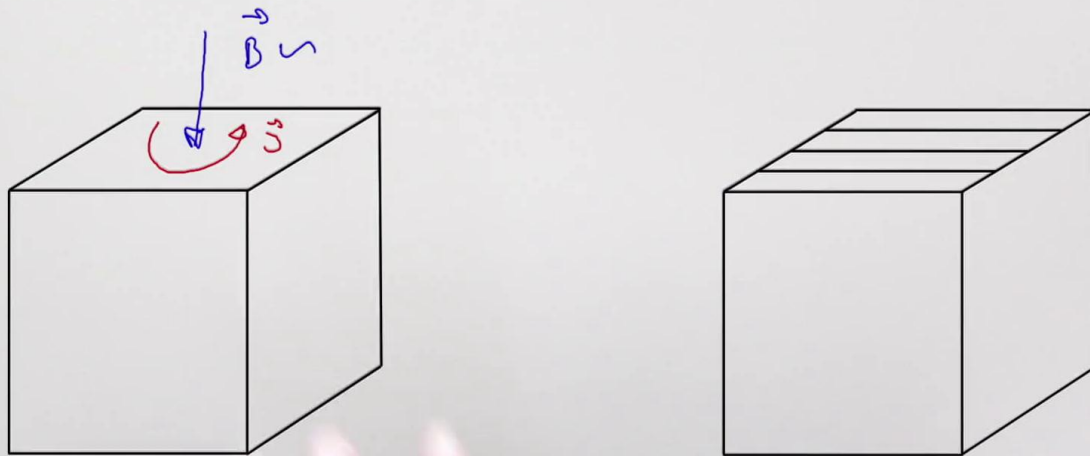
Notes

Summary



6m 27s





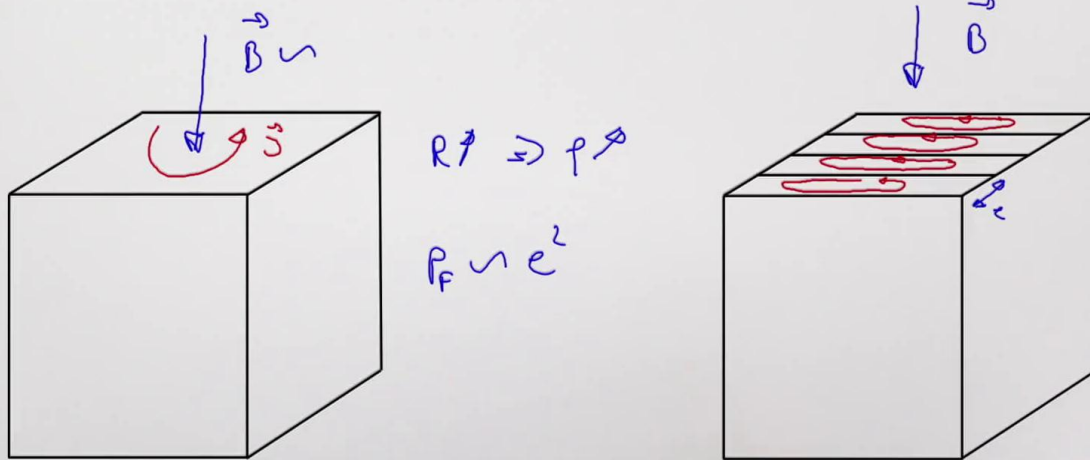
Qu'est ce que ça comme implications pour nos systèmes de d'actionneurs et de moteur électrique? Qui dit courant dit perte. Donc, ça veut dire que si on a un morceau de conducteur électrique dans un champ magnétique, eh bien on va avoir des pertes. Alors nous, on a surtout des conducteurs magnétiques qui sont souvent des conducteurs électriques, alors pas aussi bons que le cuivre, mais ce n'est pas des isolants. Et donc on a des ennuis liés au courant de Foucault dans nos systèmes qui conduisent le flux, donc l'agent est représenté. Et donc, si je se. Morceaux de conducteur magnétique est soumis à un champ magnétique, ce que. Dans nos systèmes tout le temps et que ce champ magnétique est variable, ce qui est aussi assez souvent le cas, eh bien on va voir apparaître. Deux courants de Foucault. Alors pas à avec une amplitude qui fait qu'on a plus de chaînes qui passent encore que parce qu'on n'a pas des fréquences qui sont extrêmement élevés, mais par contre, ça va nous créer des pertes. Parce que qui dit courant dit perte. Donc, on va avoir des pertes par effet Joule dans nos conducteurs magnétiques. Comment est ce qu'on peut faire pour limiter l'amplitude de ces courants de Foucault?

Notes

Summary



8m 03s



Eh bien, on va augmenter la résistance de notre système de conducteur magnétique. Alors il y a deux manières d'augmenter la résistance. Si on veut que  $R$  augmente, soit on fait augmenter la résistivité sans le faire, simplement en rajoutant un peu de silicium dans notre alliage de fer, dans notre fer qui devient un alliage. Et donc, on va avoir une résistivité qui est beaucoup plus élevée. Par contre, au prix d'une induction à saturation qui sera légèrement plus faible. Deuxième chose qu'on fait, c'est qu'on a remarqué que si, au lieu de faire un gros bloc de fer silicium, on faisait un empilage de tôle. Eh bien, ça nous permettrait d'avoir des trajets de courants de Foucault qui sont beaucoup plus lents. Et donc, on va avoir. Des résistances qui sont beaucoup plus grandes, donc des courants qui seront plus petits et le résultat des courses, c'est qu'on va avoir des pertes qui sont beaucoup plus faibles et on peut prouver qu'on fait nos pertes par courants de Foucault. Eh bien, elles vont être proportionnelles à l'épaisseur au carré de notre tôle. Ah, ça, c'est pas trop mal, ça nous permet d'avoir un système qui va limiter les pertes par courants de Foucault.

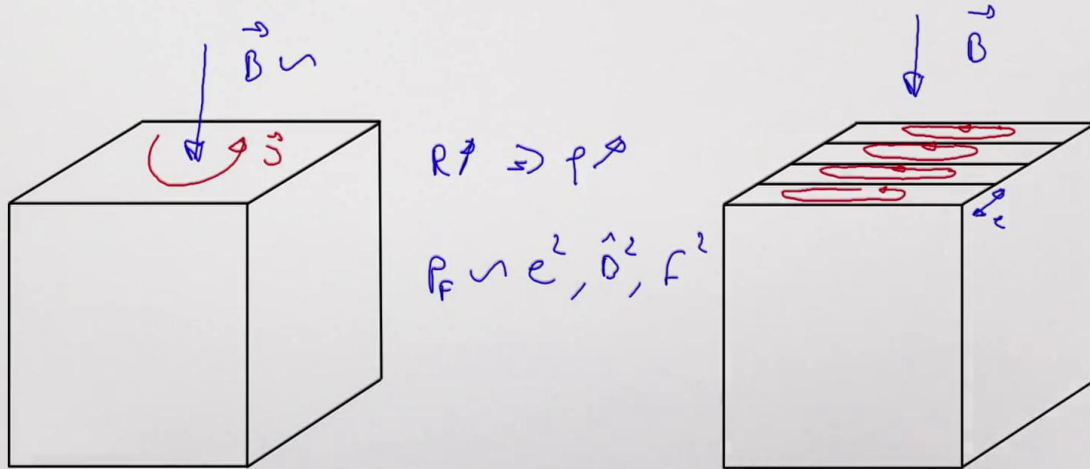
Notes

Summary



9m 46s



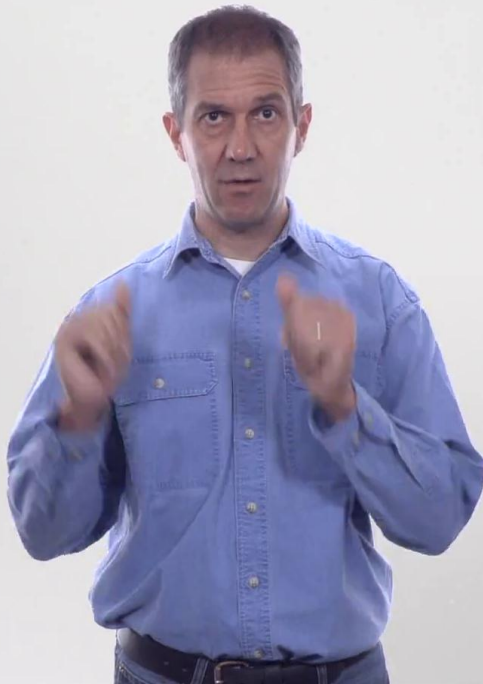


On peut aussi prouver que c'est proportionnel à la valeur de crête de l'induction au carré et à la fréquence au carré. Les pertes par courants de Foucault, c'est quelque chose qui est vraiment dépendant de la fréquence, c'est ça. On s'en est rendu compte avec notre petite expérience de tout à l'heure. En général, on a une épaisseur de tôle qui va être de l'ordre de part d'une fraction de millimètre jusqu'à un millimètre, avec des valeurs courant entre 0,35, 0,5 mm. Et puis, si vous êtes dans des moteurs qui sont un peu plus liés à des applications à plus haute vitesse, ça vous va réduire jusqu'à 0,0005 mm dans des cas très, très particuliers. On a d'autres soucis à ce moment là. Le problème qu'on a, c'est que pour être sûr qu'il n'y ait pas de pertes par courants de Foucault, il faut que entre les tôles et bien on ait une couche d'isolant, on va faire une couche de vernis ou une couche d'oxyde qu'on dépose. Et puis, ça va nous réduire la l'épaisseur de fer effective. Ça veut dire qu'au lieu d'avoir une épaisseur de fer qui va être de 5, on aura plutôt entre une antenne venant de Saint-Pourçain de conducteur magnétique pour entre 5 et 10 d'isolant. Non conducteur magnétique.

Notes

Summary





- $I_{Foucault}$  créés par  $B$  variable
- Pertes proportionnelles à:
  - $B^2$
  - $e^2$
  - $f^2$
- Solution:
  - résistivité du matériau
  - empilage de tôles

La principale chose à retenir, c'est que les courants de Foucault apparaissent dans un conducteur électrique soumis à un champ d'induction magnétique variable. Elles induisent un champ qui s'oppose au champ initial. Ça veut dire que les courants de Foucault s'opposent à la pénétration de l'induction magnétique dans un matériau conducteur électrique. Mais ce n'est malheureusement pas tout. Qui dit couronne dit pertes par effet Joule et pour les limiter, on peut augmenter la résistivité du matériau en ajoutant par exemple du silicium au fer. Et on peut aussi utiliser un paquet de tôle fine pour réduire le carré de l'épaisseur. Les pertes par courants de Foucault sont particulièrement importantes dans les applications à haute fréquence ou à haute vitesse, puisqu'elles sont proportionnelles également à la fréquence au carré.

Notes

Summary



13m 19s