



$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

Madame, Monsieur, bonjour. Dans cette leçon, nous allons voir la loi d'Ohm généralisée, la définition de ce que c'est que le flux totalisé et faire apparaître ce que vous connaissez sûrement déjà bien, qui est la tension induite. On va d'ailleurs définir cette tension induite de mouvement, c'est ce qui va donner la fameuse loi d'Ohm généralisée qui est un petit peu plus compliquée que juste  $U \text{ égal } R I$  que l'on voit en statique normal. La définition du flux totalisé se fait tout d'abord par reprendre la deuxième équation de Maxwell, qui nous dit que le rotationnel du champ électrique, c'est la variation du champ d'induction magnétique par rapport au temps. Je vous rappelle ici que comme par la première équation de la loi d'Ampère, on a un lien entre le monde électrique et le monde magnétique, vous avez ici, de la même manière, le lien entre le monde électrique rotationnel de  $E$  est égal à la variation du monde magnétique variation de  $B$ . Comme on est dans un degré de liberté, on l'a dit dès le départ, pour tout ce cours, on peut noter par Navier-Stokes, c'est sur un degré de liberté, comme ça, je supprime la notion de vecteur, par Navier-Stokes, donc écrire la forme intégrale de ce rotationnel de  $E$  est égal à moins  $dB$  sur  $dt$ .

Notes

Summary



0m 04s

# Définition du flux totalisé

$$\text{Not } \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

Par définition:

↳ Loi de Faraday

$$\Psi : \text{flux totalisé} \quad \Psi = N \cdot \Phi$$

$$\oint E \, dl = \int_S - \frac{\partial B}{\partial t} \cdot d\vec{s}$$

↳ Si système est indéformable:

$$\oint E \, dl = - \int_S \frac{dB}{dt} \cdot d\vec{s} = - \frac{d}{dt} \int_S B \cdot d\vec{s} = - \frac{d\Psi}{dt}$$

On obtient que l'intégrale sur une boucle fermée du champ électrique sur les distances, donc encore une fois, sur un contour fermé est égal à l'intégral sur une surface de moins dB sur dt fois ds. On a une dérivée partielle mais si le système est indéformable, ce qui est le cas de tous les systèmes d'actionnement électromagnétique, on a du fer, du plastique, de la bobine, tous ces éléments-là son indéformables, donc on peut écrire cette dérivée partielle comme dérivée entière. On arrive à l'équation finale si le système est indéformable, on a l'intégrale de E dl est égal à moins l'intégrale sur une surface de dB sur dt fois ds. Travaillons un petit peu cette équation. On doit intégrer dB sur dt donc on peut sortir la dérivée moins dérivée de sur une surface B ds. On a déjà vu ça, qu'est-ce que c'est que l'intégrale de B ds ? C'est le flux magnétique mais c'est tout le flux magnétique vu sur une surface, donc on va ici, et c'est la définition le noter comme étant moins d psi sur dt. Par définition, on a ce psi qui est le flux totalisé et ce flux totalisé psi, c'est N fois le flux magnétique. N, le nombre de spires dans une bobine, et phi, le flux qui traverse cette bobine..

Notes

Summary



# Définition du flux totalisé

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

↳ Loi de Faraday

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$$

↳ Si système est indéformable :

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int_S \frac{d\vec{B}}{dt} \cdot d\vec{S} = - \frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = - \frac{d\psi}{dt}$$

Par définition :

$\psi$  : flux totalisé

$$\psi = N \cdot \Phi$$

↑  
Nb de spires  
dans une bobine

Le flux totalisé va donc être égal à ce  $\psi$  et on voit un lien ici entre l'intégral sur une boucle fermée de  $\vec{E} \cdot d\vec{l}$ . L'intégral de ce champ électrique va nous donner la variation du flux totalisé par rapport au temps.

Notes

Summary



3m 57s

$$\text{Tension induite : } \frac{d\psi}{dt} = \text{Tension induite}$$

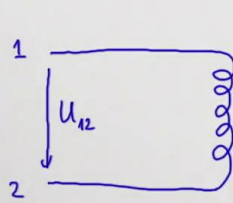
Ceci n'est autre que la variation du flux totalisé par rapport au temps. Par définition, la tension induite, c'est la variation de ce flux totalisé par rapport au temps. C'est la tension induite. On verra que cette tension induite peut être créée de plusieurs manières. J'entends par là, il faut faire varier le champ magnétique. On peut le faire soit en imposant une variation du courant qui a dans la bobine qui crée ce champ magnétique, le flux totalisé va varier par rapport au temps, donc une tension induite va apparaître. On peut aussi modifier la structure ferromagnétique autour de l'objet, par exemple dans un moteur électrique, c'est carrément le rotor qui va bouger par rapport au stator, modifiant ainsi le flux totalisé qui passe dans la bobine, créant ainsi cette tension induite. On verra qu'il existe plusieurs types de tension induite, tension induite de transformation, tension induite de mouvement et tension induite de saturation mais que nous décrirons dans un chapitre ultérieur.

Notes

Summary



4m 16s



$$\oint E \cdot dl = \int_1^2 E \cdot dl + \int_2^1 E \cdot dl$$

$$= \int_1^2 \rho \cdot J \cdot dl - U_{12} = - \frac{d\psi}{dt}$$

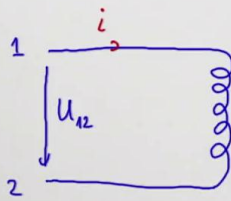
On est prêt maintenant pour écrire la loi d'Ohm généralisée et permettez-moi pour se faire, de faire un tout petit chemin où on prend une bobine avec l'entrée et la sortie. On va mettre ici aux bornes une tension 1 2 aux bornes de cette bobine qui a N spire. Si j'applique le calcul du champ électrique  $dl$  sur une boucle fermée, je peux d'abord faire entre 1 et 2, l'intégrale de  $E \cdot dl$  puis entre 2 et 1, je referme l'intégral de  $E \cdot dl$  aussi. J'ai fait en effet le tour complet. L'intégral de  $E \cdot dl$  entre 1 et 2, je passe à travers la bobine, ça me donne quoi ? J'ai ici entre 1 et 2, je remplace le champ électrique par la résistivité et la densité de courant.  $E$  est égal à  $\rho$  fois  $J$  fois  $E \cdot dl$  moins, que entre 2 et 1 de  $E \cdot dl$ , j'ai rien besoin de calculer, c'est l'attention que j'ai imposé mais avec le sens négatif. Moins  $U_{12}$ . Tout ceci, je sais par l'équation de Maxwell que nous avons écrite sous la forme intégrale, je sais que l'intégrale sur une boucle fermée de  $E \cdot dl$  est égal à moins  $d\psi$  sur  $dt$ . C'est la conséquence de l'équation de Maxwell. J'ai cette égalité qui me permet de réécrire ceci un tout petit peu autrement.

Notes

Summary



5m 38s



$$\oint E \cdot dl = \int_1^2 E \cdot dl + \int_2^1 E \cdot dl$$

$$= \int_1^2 \rho \cdot J \cdot dl - U_{12} = - \frac{d\psi}{dt}$$

$$= R_{12} \cdot i - U_{12} = - \frac{d\psi}{dt}$$

$$\Rightarrow \underline{U_{12} = R_{12} \cdot i + \frac{d\psi}{dt}}$$

D'abord de découvrir que ce que j'ai écrit ici n'est autre que ce que vous avez ici, l'intégral entre 1 et 2 de  $\rho$  fois la densité de courant fois  $dl$  n'était autre que la résistance entre le point 1 et le point 2 fois le courant. Si vous me permettez, je vais quand même l'écrire ici pour pas aller trop vite. J'ai  $R_{12}$  fois le courant qui circule dans ce circuit moins  $U_{12}$  est égal toujours à moins  $d\psi$  sur  $dt$ .  $d\psi$  sur  $dt$ , c'est la tension induite de mouvement. Souvent, on dit elle s'oppose à l'action qu'il a créé à cause de ce moins que vous avez ici. Puis au final, je peux écrire que la tension aux bornes d'une bobine, donc  $U_{12}$ , je sors cette équation  $U_{12}$  est égal à  $R_{12}$  fois  $i$  plus  $d\psi$  sur  $dt$ . Vous avez ici l'équation de tension induite ou la loi d'Ohm généralisée, comme vous voulez, qui nous permet, où c'est la base vraiment très importante en conversion électromécanique plus que chaque fois qu'on aura une bobine, l'équation de cette bobine va être dictée par cette loi d'Ohm généralisée. La tension aux bornes d'une bobine, c'est pas juste la chute ohmique dû au passage du courant mais s'ajoute à ça la variation du flux totalisé que voit cette bobine, éventuellement traverser la bobine de cuivre ou d'aluminium ou autre chose.

Notes

Summary







- Flux totalisé
- Tension induite
- Loi d'Ohm généralisée

Voilà. Durant ce chapitre, on a vu le flux totalisé, la définition. Une bobine va voir à chaque spire qu'elle a dans sa bobine le nombre de fois le flux qui passe dans chaque spire, c'est ce qu'on appelle ce flux totalisé,  $\Psi$ . On a vu ensuite la tension induite avec ce moins parce que ça fait partie de l'équation de Maxwell mais dans la loi d'Ohm, on a [inaudible 00:09:31] plus de  $\Psi$  sur  $dt$  avec cette loi d'Ohm généralisée que nous allons reprendre systématiquement dès qu'on a une, deux, plusieurs bobines, nous aurons à écrire la loi d'Ohm généralisée pour ces différents éléments qui constituent les actionneurs dans un futur proche. Merci.

Notes

Summary



9m 04s