

Élément de module ‘Electricité 2’
Module ‘Physique 3’
SMP3-SMC3
Série N°2

Théorème d’Ampère, Théorème de Maxwell & Induction électromagnétique

I. Théorème d’Ampère- Fil et cylindre indéfinis

1) Un fil indéfini de diamètre négligeable est parcouru par un courant I . Déterminer l’induction magnétique \vec{B} créée par ce courant à la distance r du fil.

2) On tient compte du rayon du fil. Celui-ci est considéré comme un cylindre indéfini, de rayon R , parcouru par un courant de densité J uniforme. Les lignes de courants sont orientées suivant l’axe du cylindre.

a) Déterminer l’induction magnétique \vec{B} en tout point M de l’espace (*Utiliser les coordonnées cylindriques*)

b) En déduire le potentiel vecteur \vec{A} en tout point de l’espace (*On admettra que \vec{A} s’annule à la surface du cylindre*)

c) Tracer $B(r)$ et $A(r)$.

II. Théorème d’Ampère- Solénoïde infini et nappe de courant

1) *Nappe de courant infinie.*

Calculer le champ magnétique créé par une nappe infinie, plane et uniforme de courant i par unité de largeur ; en un point situé à une distance h de la nappe.

2) *Solénoïde infini.*

On considère un solénoïde de longueur infini, constitué de n spires jointives par unité de longueur. Chacune des spires est parcourue par un courant i .

Déterminer le champ d’induction magnétique à l’intérieur du solénoïde en appliquant le théorème d’Ampère.

III. Théorème de Maxwell. Courant rectangulaire dans une induction non uniforme

Un fil vertical indéfini $z'oz$ est parcouru par un courant I dans le sens $z'oz$. Un cadre rectangulaire conducteur indéformable ABCD est situé dans un plan vertical xoz passant par le fil. Le côté $AB = a$ parallèle au fil est à la distance x_0 du fil ; le côté $CD = a$ est à la distance $b+x_0$ du fil ; le côté $BC = b$ est perpendiculaire au fil. Le cadre comporte n spires.

On donne $a=x_0=0.20\text{m}$; $b=0.10\text{m}$; $n=100$; $I=10\text{A}$.

- 1) a) Calculer le flux envoyé par le fil à travers le cadre.
- b) Le cadre rectangulaire est parcourue par un courant $i=1A$ dans le sens ABCD. On déplace le cadre dans la direction Ox parallèle à BC. x_o passant de 0.20m à 0.80m. Calculer le travail des forces électromagnétiques qui agissent sur le cadre.
- c) Calculer la résultante des forces qui agissent sur le cadre lorsque $x_o = 0.20m$.
- 2) Alors que $x_o = 0.20m$, on tourne le cadre autour de AB d'un angle θ dans le sens qui amène ox sur oy . Calculer :
 - a) La force résultante et le moment au point O' , milieu de AB, du torseur des forces électromagnétiques qui agissent sur le cadre.
 - b) Le flux ϕ envoyé par le fil à travers le cadre, à la fin de la rotation.
 - c) le travail des forces électromagnétiques au cours de la rotation.

IV. Induction mutuelle. Solénoïdes coaxiaux

On considère deux solénoïdes coaxiaux S_1 et S_2 , de longueurs respectives l_1 et l_2 , de rayons R_1 et R_2 ($R_1 < R_2$) possédant N_1 et N_2 spires et parcourus par les courants i_1 et i_2 de sens opposés. Les solénoïdes sont supposés très long par rapport aux rayons (*de façon à négliger les effets de bord*).

- 1) Calculer les inductances propres L_1 et L_2 , l'inductance mutuelle M et le coefficient de

$$\text{couplage } k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}} \text{ de } S_1 \text{ et } S_2.$$

Application numérique : $N_1=3000$ spires ; $R_1=3cm$; $l_1=1m$; $N_2=2000$ spires ; $R_2=3.5cm$ et $l_2=0.8m$.

- 2) Retrouver les résultats ci dessus par une méthode énergétique.

V – Induction électromagnétique - Loi de Lenz

Une barre homogène MN, de masse m est assujettie à se déplacer sur deux rails verticaux distants de l , reliés par une résistance électrique R entre les points A et B. Le tout est plongé dans un champ magnétique B_0 uniforme et normal au plan des rails.

En admettant que la barre est abandonnée à l'instant $t=0$ sans vitesse initiale. Calculer :

- 1) La variation du flux magnétique $d\phi$ induite par le mouvement de la barre si sa vitesse à un instant t est égale à v .
- 2) La force électromotrice d'induction e ainsi que le courant i circulant dans la résistance R .
- 3) La force électromagnétique F agissant sur la barre.
- 4) La loi $v(t)$, supposant qu'il n'y a pas de frottement.