PS26 P2017

Final/1 (1 heure): COURS + EXOS « SIMPLES »

Sans document

**Questions de cours (sans documents)**:

1. Rappeler l’expression de la force de Lorentz agissant sur une particule ponctuelle de charge q, placée dans un champ électromagnétique ( $\vec{E} , \vec{B}$ ) et animée d’une vitesse $\vec{v}$ .
2. Montrer qu’un champ magnétique seul ne peut pas modifier la norme de la vitesse d’une particule chargée. Indication : on rappelle le théorème de la puissance cinétique vu en PSB : la dérivée par rapport au temps de l’énergie cinétique est égale à la puissance des forces agissant sur une particule.
3. Enoncer la règle du bonhomme d’Ampère et donner un exemple d’application.
4. Donner le principe de fonctionnement d’un alternateur.
5. Enoncer la loi de Lenz concernant l’induction et donner un exemple précis de son application.
6. Donner l’expression du champ électromoteur de Neumann en fonction du potentiel magnétique $\vec{A}$ .
7. Définir très clairement à partir de notions magnétiques le coefficient d’auto-induction L d’un circuit électrique. Quelle est son unité SI ?
8. Donner le principe et l’intérêt d’une cage de Faraday.
9. Expliquer pourquoi un atome peut être assimilé à un moment magnétique c'est-à-dire à un petit circuit électrique.
10. Donner les propriétés fondamentales d’une onde électromagnétique plane concernant la disposition relative des champs et de la direction de propagation.

**Exercices « simples » sans document.**

**Exercice n°1**: On considère l’espace physique à trois dimensions rapporté à un repère cartésien orthonormé direct classique (O, $\vec{u\_{x}}$ , $\vec{u\_{y}}$ , $\vec{u\_{z}}$ ). Dans cet espace règne un champ électrique uniforme $\vec{E}=E \vec{u\_{y}}$ , E étant une constante positive.

1. Rappeler la relation liant en général le champ électrique et le potentiel et en déduire le potentiel V(x,y,z) associé en fonction de E, y et d’une constante qu’on ne cherchera pas à calculer?
2. Quelle est la forme des surfaces équipotentielles?
3. Quelle doit-être la valeur (en unités SI) de E pour que le potentiel chute de 500 V lorsqu’on s’éloigne de 10 cm perpendiculairement à une surface équipotentielle.

**Exercice n°2**: La norme du champ magnétique créé par un fil infini rectiligne traversé par un courant I est donnée par la formule vue en cours : B = $\frac{μ\_{0}I}{2πr}$ , où r est la distance au fil. La direction et le sens du champ sont donnés par la règle d’Ampère. On considère le schéma de la figure. Calculer la force exercée par le fil infini (confondu avec Oz) sur tout le cadre ABCD, en respectant les notations et les orientations de la figure. On donnera le résultat en fonction de 0, If, Ic , a, b, Xmil et d’un vecteur unitaire clairement précisé.



**Exercice n°3**: Une spire (S) a sa normale parallèle et de même sens qu’un champ magnétostatique qu’on veut mesurer (position de gauche du schéma) et dans lequel on l’a placée. On éloigne la spire dans une zone où le champ magnétique est nul (position de droite du schéma). L’éloignement dure un temps . Sous l’effet de l’induction, un courant apparait dans le circuit (supposé fermé) de la spire. Le courant est enregistré sur ordinateur via une interface appropriée. On supposera pour simplifier que la spire est assimilable à un circuit fermé ohmique de résistance R de section S et formé de N tours de fil électrique. On négligera l’auto-induction.

 Position initiale (champ à mesurer) Position finale (champ nul).

 ≠ 0 t = 0  = 0 t = .

(S) (S)

1. Orienter la spire de manière à ce que sa normale soit de même sens que le champ magnétique.
2. Donner la relation donnant le courant i(t) passant dans la spire en fonction de R et de la dérivée de (t), flux magnétique dans la spire à l’instant t.
3. En déduire l’expression de d, variation infinitésimale de ce flux magnétique pendant le temps dt en fonction de R, i et dt.
4. En intégrant l’expression précédente entre t = 0 (correspondant au début du déplacement de la spire, position de gauche) et  (correspondant à la fin du déplacement de la spire, position de droite), donner le relation donnant le flux magnétique initial o dans la position de gauche en fonction de R,  et i. Rm: dans la formule il devra figurer une intégrale J dont les bornes sont 0 et  !
5. Un logiciel approprié permet de calculer l’intégrale précédente. Donner alors le champ magnétique initial en fonction de J, N, S et R.

PS26 P2017

FINAL/2 (1 heure) : Problème avec documents

PRNCIPE DU MOTEUR LINEAIRE ASYNCHRONE A CHAMP MAGNETIQUE « GLISSANT »

Dans tout le problème, on considèrera une spire ACDE carrée de côté a placée dans un champ magnétique extérieur. La spire a une résistance R et on négligera les phénomènes d’auto-induction. Cette spire sera placée dans divers champs magnétiques extérieurs. Ces champs seront toujours verticaux, dirigés suivant l’axe vertical ascendant Oz et la spire sera dans le plan horizontal Oxy, ses côtés étant parallèles aux axes Ox et Oy. On notera (O, $\vec{u\_{x}}$ , $\vec{u\_{y}}$ , $\vec{u\_{z}}$ ) le repère orthonormé direct associé. La spire est orientée de manière à ce que sa normale soit dirigée suivant la verticale ascendante.

**Première partie** : Le champ magnétique est uniforme mais dépendant du temps de la forme $\vec{B}= \frac{B\_{0 }t}{τ}\vec{u\_{z}}$ où B0 et  sont des constantes et t le temps. La spire est immobile dans le plan xOy.

1. Calculer le flux magnétique  à travers la spire en fonction de a, Bo et t.
2. En déduire la fem induite dans la spire a, Boet.
3. En déduire le courant induit dans la spire en fonction de a, Bo et R.
4. S’agit-il d’induction de Lorentz ou de Neumann ?
5. En quoi la loi de Lenz est-elle vérifiée ?
6. Quelle est la résultante des forces magnétiques qui agissent sur la spire ?

**Deuxième partie** : Le champ magnétique ne dépend plus de temps, mais n’est plus uniforme et vaut $\vec{B}= \frac{B\_{0 }x}{X\_{0}}\vec{u\_{z}}$ où Bo et Xo sont des constantes et x la variable cartésienne d’espace. La spire se déplace dans le champ à vitesse constante $\vec{v}= v\_{0 }\vec{u\_{x}}$ (v0 Cste > 0), ses cotés restant parallèles aux axes Ox et Oy. A l’instant t = 0, le centre de la spire est en x = 0. A l’instant t, le centre de la spire sera donc à l’abscisse x = v0t.

1. Calculer à l’instant t le flux magnétique à travers la spire en fonction de B0, X0, v0, t et a en supposant le champ magnétique comme quasi-uniforme sur la spire et ayant la valeur qu’il a au centre de la spire.
2. En déduire le courant induit dans la spire en fonction de B0, X0, v0, a et R
3. S’agit-il d’induction de Lorentz ou de Neumann ?
4. Que vaudrait la résultante des forces magnétiques agissant sur toute la spire si on considérait toujours que le champ est quasi-uniforme sur la spire. Conclure.
5. En fait pour calculer la force magnétique, il faut tenir compte de la dépendance du champ avec x.
	1. Montrer que les forces magnétiques se compensent rigoureusement sur deux des quatre côtés de la spire. Faire un dessin très précis.
	2. Calculer la résultante des forces magnétiques sur les deux autres côtés en fonction de B0, X0, v0, a et R. Faire un dessin très précis.
6. En quoi la loi de Lenz est-elle vérifiée ?
7. Calculer la puissance mécanique de cette résultante et comparer à l’effet Joule.

**Troisième partie** : Le champ magnétique dépend maintenant à la fois du temps et de la position dans l’espace et vaut $\vec{B}= \frac{B\_{0 }}{X\_{0}} \left(x-αt\right) \vec{u\_{z}}$ où Bo , Xo et  sont des constantes, t le temps et x la variable cartésienne d’espace. La spire se déplace toujours à vitesse $\vec{v}= v\_{0 }\vec{u\_{x}}$ constante (v0 Cste > 0), ses cotés restant parallèles aux axes Ox et Oy. A l’instant t = 0, le centre de la spire est en x = 0. A l’instant t, le centre de la spire sera donc à l’abscisse x = v0t.

1. Représenter B(x) pour t = 0 , puis pour t = 1/ , puis pour t = 2/, B étant la projection du champ magnétique sur la verticale ascendante. Préciser la pente des droites obtenues.
2. Montrer qu’on peut considérer qu’il s’agit d’une onde de champ magnétique qui se déplace vers la droite à une célérité (vitesse) C qu’on calculera en fonction de .
3. Calculer à l’instant t le flux magnétique à travers la spire en fonction de B0, X0, v0, t, a et  en supposant le champ magnétique comme quasi-uniforme sur la spire et ayant la valeur qu’il a au centre de la spire.
4. En déduire le courant induit dans la spire en fonction de B0, X0, v0, , a et R.
5. S’agit-il d’induction de Lorentz ou de Neumann?
6. Calculer la résultante des forces magnétiques sur la spire (inspirez-vous de la question 11 !).
7. A quelle condition sur v0 et  a-t-on un moteur ?
8. Ce moteur démarre-t-il seul?
9. Donner sa puissance en fonction des paramètres qui vous semblent judicieux !
10. Représenter la puissance en fonction de vo (les autres paramètres étant fixés). Discuter !
11. Vous venez de découvrir le principe d’un moteur asynchrone linéaire! Pourquoi asynchrone ?