**PS26** **PRINTEMPS 2013**

FINAL (première partie) : Cours 30 mn maximum

Aucun document autorisé

Dans cette partie de cours, vous devez rédiger par des phrases *courtes*, *très claires et très précises* en vous aidant éventuellement de schémas. La notation tiendra grandement compte de la qualité et de la précision des explications et des schémas. Les temps indiqués donnent un ordre de grandeur de la longueur relative des questions.

***Question 1*** (8mn) :

1. Définir ce qu’est un dipôle magnétique. Quelle est la formule donnant le moment magnétique d’un dipôle magnétique ?
2. Expliquer pourquoi un atome quelconque peut être vu comme un dipôle magnétique.
3. Expliquer la différence entre des matériaux diamagnétiques d’une part et des matériaux paramagnétiques ou ferromagnétiques d’autre part.

***Question 2*** (3mn)**:** Définir par une seule phrase les termes suivants pour un matériau ferromagnétique.

* Vecteur aimantation.
* Aimantation rémanente.

***Question 3*** (3 mn): Enoncer la loi d’Ohm généralisée aux phénomènes d’induction pour un conducteur ohmique en précisant clairement la signification de tous les termes intervenant dans l’équation (attention : ne pas confondre avec la loi d’Ohm locale).

***Question 4*** (5 mn): Enoncer la loi de Lenz pour l’induction et donner un exemple d’application de cette loi dans les deux cas : induction de Lorentz et induction de Neumann.

***Question 5*** (3mn): Définir ce qu’est une onde électromagnétique plane. Quelle forme mathématique décrit une telle onde si elle se propage dans la direction des z croissants ?

***Question 6*** (5mn): Rappeler toutes les propriétés fondamentales des ondes électromagnétiques planes progressives dans le vide.

**PS26** **PRINTEMPS 2013**

NOM :

FINAL (deuxième partie) : Exercices 1 H 30 mn minimum Polycopié et calculettes autorisés

Problème 1 : On se propose d’étudier le moteur électrique linéaire le plus simple qui soit : le rail de Laplace. Il sera utilisé ici en grue. Son principe est représenté sur la figure suivante. On va utiliser la force de Laplace résultant du courant i dans le barreau mobile MN pour lever la masse M via la poulie et le fil. La tension du fil est notée . La position du barreau mobile est repérée par son abscisse x (il est toujours perpendiculaire aux rails). La largeur entre les barreaux est a. Le champ magnétique est uniforme et perpendiculaire au plan du circuit de norme B et dirigé vers le haut. La résistance du barreau MN est supposée négligeable devant R, la résistance du circuit vaudra donc R quelque soit la position du barreau. On suppose que la poulie transmet la tension T du fil (les vecteurs  et ont donc même norme). La masse m du barreau est supposée négligeable devant la masse M soulevée par le dispositif et sera prise nulle pour les calcules. Le rail est horizontal et la masse M monte verticalement. Au cours du mouvement, la hauteur de M par rapport au sol est z. On rappelle que l’énergie potentielle d’une masse m à une hauteur z du sol est donnée par la formule : Ep = mgz.

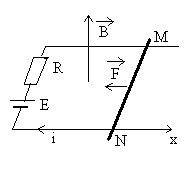
**z**

M sol





x



**Première partie : Etude générale.**

1. Exprimer la force de Laplace en fonction de a, B, i et d’un vecteur unitaire judicieusement choisi.
2. Quelle valeur minimum doit avoir i pour que cette force puisse lever la masse M celle-ci étant au repos au sol. On donnera la valeur de imini en fonction de a, B, M et g.
3. Expliquer pourquoi lorsque le barreau bouge, il se produit un phénomène d’induction dans le circuit. S’agit-il d’induction de Neumann ou de Lorentz ?
4. Exprimer le champ électromoteur d’induction  dans le barreau en fonction de B, v = et d’un vecteur unitaire judicieusement choisi.



1. En déduire la force électromotrice d’induction prenant naissance dans le barreau.
2. Représenter sur le schéma le vecteur surface du circuit.
3. Calculer le flux magnétique à travers le circuit (on rappelle que le champ est uniforme et perpendiculaire au circuit) en fonction de B, x et a.
4. Retrouver le résultat de la question 5. en utilisant la question précédente et la loi de Faraday.
5. Déterminer la relation liant E, R, i, v, B et a.

**Deuxième partie : Etude du système à vitesse constante.**

On suppose dans cette partie que la vitesse v est constante *(positive ou négative suivant l’axe des x*). Il en résulte donc que la masse M descend ou monte à vitesse constante v. Les frottements mécaniques divers (dans l’air où entre m et les rails) sont négligés.

1. Quelle relation lie v (=) et z si le fil est inextensible (justifier clairement).
2. Montrer en appliquant la relation de la mécanique de Newton à la masse M que la tension T du fil vaut Mg. Expliquer très clairement votre raisonnement !
3. Montrer en appliquant la relation de la mécanique de Newton à la masse m que la force de Laplace vaut aussi Mg. Expliquer très clairement votre raisonnement !
4. En déduire le courant i en fonction de Mg, B, et a.
5. En déduire la vitesse v correspondante en fonction de E, R, M, g, b et a.
6. On souhaite avoir un moteur qui fait monter la charge M. Quel doit être le signe de v ?
7. En déduire la valeur minimale Emini que doit avoir E pour que le dispositif soit moteur. On donnera cette valeur minimale en fonction de M, g, R, B et a.
8. On suppose la condition précédente réalisée, la masse M *montant* à la vitesse constante v. Exprimer le produit Ei en fonction de R, i, M, g et v.
9. Interpréter énergétiquement cette dernière relation.
10. On suppose maintenant que la valeur de E est trop faible ( E < Emini). Montrer que le système fonctionne en générateur de courant.
11. Le courant dans le circuit provient de deux phénomènes : le générateur E et l’induction due à B. En quoi le courant induit obéit-il à la loi de Lenz ?

**Troisième partie**: Mise en route du moteur.

On revient au fonctionnement en moteur ( E > Emini) mais on ne suppose plus la vitesse constante. On suppose qu’à t = 0, le système est au repos: z = 0, x = L (grand !), v = 0.

1. En appliquant la loi de Newton à la masse m du barreau (supposée quasiment nulle), montrer qu’on a (à peu près) T = iBa (à tout instant).
2. En appliquant la loi de Newton à la masse M, montrer qu’on a (à tout instant) :

T – Mg = - M.



1. En déduire l’équation différentielle vérifiée par v en utilisant le résultat de la question 9.
2. Résoudre cette équation différentielle et vérifier qu’on retombe au bout d’un certain temps sur la valeur de la vitesse calculée dans la deuxième partie.
3. En déduire i(t).

**Problème 2 :** On considère une onde électromagnétique plane dont le champ électrique est donné en SI par ses coordonnées cartésiennes dans un repère cartésien classique (on rappelle que la célérité de la lumière vaut c = 3.108m.s-1):



Eo est une constante et t représente le temps.

Les calculs faits seront clairement détaillés.

1. Quels sont :
   1. La pulsation w de l’onde ?
   2. La fréquence f de l’onde ?
   3. La longueur d’onde  ?
   4. Le domaine d’ondes auquel appartient cette onde  (lumière, rayons X, microondes, autres…)?
2. Expliquer pourquoi il s’agit d’une onde plane et donner la direction de propagation de cette onde.
3. Comment sont disposés les plans d’ondes (plans dans le même état électromagnétique à un instant donné) ? On donnera leur orientation et la distance qui les sépare.
4. ***Montrer*** en utilisant les propriétés des ondes électromagnétiques planes que le champ magnétique associé au champ électrique précédent peut s’écrire : où est le vecteur unitaire de l’axe Ox.
5. Déterminer le champ magnétique associé: on donnera les composantes du vecteur dans le repère cartésien.
6. Donner les composantes du vecteur de Poynting associé à cette onde.
7. Déterminer la puissance transportée par cette onde si son étendue transversale est s. On donnera le résultat en fonction de Eo, o, c et s. Montrer que cette puissance ne dépend pas du temps.
8. Quel est le type de polarisation de cette onde ? Faites une démonstration précise de votre réponse.
9. On place un récepteur formé par une bobine plate comportant N spires de section S sur le trajet de cette onde. Dire dans les trois cas suivants dans quel cas on détectera un signal dans la spire réceptrice en justifiant très clairement :
   1. La spire est parallèle au plan xOy.
   2. La spire est parallèle au plan xOz.
   3. La spire est parallèle au plan yOz.

On place la spire précédente parallèlement au plan xOz, son centre étant en O.

1. Donner l’expression du vecteur surface de cette spire en fonction de N, S et d’un vecteur unitaire judicieusement choisi. Faire un dessin très clair indiquant l’orientation choisie pour le contour de cette surface.
2. Déterminer le flux magnétique créé par l’onde dans la spire. On supposera la longueur d’onde beaucoup plus grande que le rayon de la spire pour pouvoir supposer le champ quasi uniforme sur la surface de la spire et égal à sa valeur en O.
3. En déduire la fem qui prend naissance dans la spire au passage de l’onde en fonction de N, S, Eo, w, c et t.