

Nom :

Examen d'Electromagnétisme II

Lundi 25 juin 2018
8h15 – 11h15
INM 200
Prof. R. Fleury

Instructions

Merci de déposer une pièce d'identité sur le coin de votre table et indiquer votre nom sur chaque page.

Matériel autorisé dans la salle :

- Notes **manuscrites** strictement limitées à du texte, des formules et schémas, écrits sur deux feuilles A4 recto-verso (total de 4 pages).
- Pas d'autre matériel imprimé (notes, polycopiés, livres).
- Crayons, règle, compas, stylos, feutres, feuilles blanches : pas de limitation.
- Calculatrice programmable aux performances raisonnables (pas de PC, pas de dispositifs à connexion sans fil).

Déroulement :

- Trois problèmes sont proposés. Les trois problèmes sont comptés dans l'évaluation.
- L'examen est à rendre écrit avec un stylo bleu ou noir. Pas d'autres couleurs, pas d'écriture au crayon.
- L'heure officielle de finalisation de l'examen sera respectée de façon stricte.
- Des feuilles blanches seront mises à disposition si besoin.
- Débranchez vos téléphones portables.

Soyez très raisonnables avec boissons, nourriture et demandes de quitter la salle pendant l'examen.

L'intégralité de l'énoncé doit être rendu à la fin de l'épreuve.

Nom :

Exercice 1)

On considère un plan de masse formé par un conducteur électrique parfait coïncidant avec le plan (xOy). Un dipôle électrique infinitésimal est placé horizontalement à une distance h de ce plan de masse, correspondant à une distribution de courant décrite par la distribution de courant suivante :

$$\vec{J}(x', y', z') = \hat{x} I_0 \Delta l \delta(x') \delta(y') \delta(z' - h)$$

QUESTIONS ASSOCIEES A COCHER (Justifiez votre réponse, 1p par question):

1A) La distribution $\delta(x)$

- o est sans unité
- o a pour unité l'unité de son argument x , c'est-à-dire des mètres
- o a pour unité l'inverse de l'unité de son argument x , c'est-à-dire des mètres⁻¹

1B) Sur le plan (xOy)

- o le champ électrique s'annule
- o le champ magnétique s'annule
- o aucune des deux réponses précédentes

1C) Dans le conducteur électrique parfait

- o le champ électrique s'annule
- o le champ magnétique s'annule
- o aucune des deux réponses précédentes

Nom :

QUESTIONS PRINCIPALES (5p):

1D) On cherche à calculer les champs lointains rayonnés par ce dipôle dans le demi-espace $z > 0$.

- a. Utiliser le théorème des images pour vous ramener à un cas plus simple.

- b. Calculer les champs lointains rayonnés.

Nom :

c. Que se passe-t-il pour $h = 0$? Commenter.

Nom :

Exercice 2)

On considère une onde plane uniforme se propageant dans l'air et décrite par le champ électrique suivant (E_0 est un réel positif):

$$\vec{E}_i(x, y) = E_0(0.5\hat{y} + 0.5\sqrt{3}\hat{z} + e^{j\pi/2}\hat{x})e^{-j2\sqrt{3}y-j2\pi z}$$

Cette onde est incidente sur une interface plane (située en $z = 0$) avec un milieu diélectrique avec $\epsilon_r = 3$ et $\mu_r = 1$.

QUESTIONS ASSOCIEES A COCHER (Justifiez votre réponse, 1p par question):

2A) Le plan d'incidence

- o est le plan (xOy)
- o est le plan (xOz)
- o est le plan (yOz)

2B) L'onde incidente

- o est transverse magnétique (TM)
- o est transverse électrique (TE)
- o est la somme d'une onde TM et d'une onde TE

2C) L'onde incidente

- o ne pourra jamais subir une réflexion interne totale
- o pourra subir une réflexion interne totale si l'angle d'incidence est trop grand
- o pourra subir une réflexion interne totale si l'angle d'incidence est trop petit

Nom :

QUESTIONS PRINCIPALES (5p):

2D) Calculer la fréquence de l'onde incidence

2E) Donner la valeur numérique de l'angle d'incidence en degrés

2F) Calculer le champ magnétique incident

Nom :

2G) Calculer les coefficients de réflexion de Fresnel dans les cas TE et TM

2H)En déduire l'expression complète du champ réfléchi

Nom :

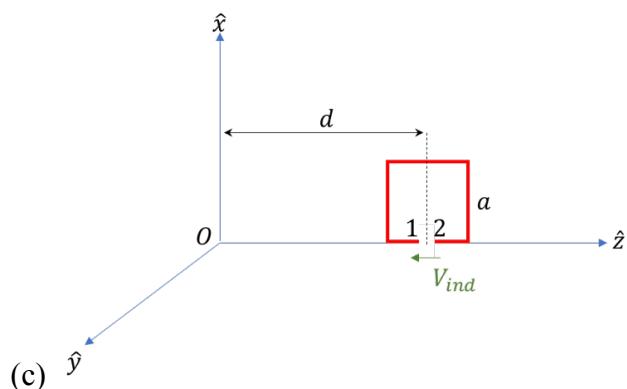
Nom :

Exercice 3)

On considère une onde plane monochromatique se propageant dans la direction \hat{z} . Le champ électrique est polarisé linéairement suivant \hat{x} . On suppose que le champ électrique en $z = 0$ vaut $\vec{E}(z = 0, t) = \hat{x}E_0 \cos(\omega t)$, avec $E_0 = 1 \text{ V/m}$. La fréquence de cette onde est de 200 GHz. Dans cet exercice, on considère deux situations différentes :

- (a) Le milieu de propagation est le vide ($\varepsilon = \varepsilon_0$ et $\mu = \mu_0$)
 (b) Le milieu de propagation est un gaz de constante diélectrique complexe $\varepsilon = \varepsilon_0(1 - j0.35)$, et $\mu = \mu_0$.

Cette onde est incidente sur une antenne boucle faite d'un fil conducteur de forme carrée, de côté a , et placée dans le plan (xOz). Le centre de la boucle a pour coordonnées $(\frac{a}{2}, 0, d)$. Sur le côté de l'antenne se situant sur l'axe (Oz), on ouvre le circuit sur une distance négligeable devant a , créant ainsi deux bornes 1 et 2, de telle sorte qu'on puisse mesurer la tension induite V_{ind} , qui représente le signal capté par l'antenne. Cette situation est représentée sur le schéma suivant.



QUESTIONS ASSOCIEES A COCHER (Justifiez votre réponse, 1p par question):

3A)

Dans la situation (a):

- o La longueur d'onde vaut 1.5 mm.
 - o La longueur d'onde vaut 0.15 mm.
 - o Aucune des réponses précédentes

Nom :

3B)

Le champ magnétique

- o est orienté suivant \hat{y} dans la situation (a) et possède une composante suivant \hat{x} non nulle dans la situation (b)
 - o est orienté uniquement suivant \hat{y} dans les deux situations
 - o Aucune des réponses précédentes
-
-
-
-

3C)

Dans la situation (b), le milieu de propagation est

- o un bon diélectrique
 - o un bon conducteur
 - o Aucune des réponses précédentes
-
-
-
-

QUESTIONS PRINCIPALES (5p):

3D) Dans chacune des situations (a) et (b), calculer le phaseur complexe associé à la tension $V_{ind}(t)$ induite aux bornes de la boucle, en fonction des paramètres du problème. Cette tension est définie comme l'intégrale $V_{ind} = \int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{l}$ prise de 1 à 2 le long du circuit (\vec{E} est le phaseur complexe associé au champ électrique).

Situation a

Nom :

Situation b

Nom :

3E) Application numérique : On prend $d = 4$ mm. Donner la valeur de l'amplitude du signal $V_{ind}(t)$:

- 1) Dans la situation a), pour $a = 1.5$ mm et $a = 0.15$ mm. Interpréter les résultats.

- 2) Dans la situation b), pour $a = 1.5$ mm et $a = 0.15$ mm. Comparer avec la situation précédente et expliquer l'influence du milieu de propagation sur les résultats.