

Nom : Pare Prénom: Louis colle du: 01-02	niveau de maîtrise	poids compétence	note compétence	note globale
Savoir énoncer les résultats importants du cours	1	10	5,0	10,0
Connaître les hypothèses d'application des résultats	1			
Savoir appliquer directement son cours sur un exemple simple	1			
S'approprier : faire un schéma, identifier les grandeurs physiques et les hypothèses	NE	6	3,0	
Analyser : adapter l'écriture des relations, théorèmes ou principes à la situation proposée	NE			
Réaliser : Savoir mener les calculs analytiques, numériques, résolutions d'équations	1			
Valider : Vérifier la pertinence du résultat obtenu (critique de la valeur et de sa dimension)	NE			
Communiquer à l'oral dans un langage courant, scientifique et approprié	1	4	2,0	
Rédiger proprement ses démarches au tableau	1			

	+	-		
ajustement		*	note	9

Remarques : le cours B.....! Tu ne connais pas assez ton cours !

Colle 10

Exercice 1 : Polarisations

On considère un champ électrique donné par : $\vec{E} = E_0 \cos(\omega t - kz) \vec{u}_x$

- 1) Quelle la polarisation de cette onde ?
- 2) On place un polariseur dans un plan perpendiculaire à Oz (en $z = 0$) incliné d'un angle α par rapport à la direction \vec{u}_x . Quelle est l'amplitude maximale du champ transmis ?
- 3) Donner l'expression de la puissance surfacique moyenne P_f transmise en fonction de α

On considère un champ électrique donné par : $\begin{pmatrix} E_0 \cos(\omega t - kz) \\ E_0 \sin(\omega t - kz) \\ 0 \end{pmatrix}$

- 4) Dessiner l'allure du vecteur \vec{E} observé dans le plan $z = 0$ en fonction du temps.
- 5) Quelle la polarisation de cette onde ?
- 6) On place un polariseur dans un plan perpendiculaire à z incliné d'un angle α par rapport à la direction \vec{u}_x . Quelle est l'amplitude du champ transmis ? Commenter

On considère un champ électrique donné par : $\begin{pmatrix} E_0 \cos(\omega t - kz) \\ E_0 \sin(\omega t - kz) \\ 0 \end{pmatrix}$

- 7) Dessiner l'allure du vecteur \vec{E} observé dans le plan $z = 0$ en fonction du temps.
- 8) Quelle la polarisation de cette onde ?
- 9) On place un polariseur dans un plan perpendiculaire à z incliné d'un angle α par rapport à la direction \vec{u}_x . L'intensité du champ transmis dépend-t-elle de α
- 10) Proposer un protocole permettant de distinguer ces trois polarisations

Nom : Bonnion Prénom: Nicolas colle du: 5-12

	niveau de maîtrise	poids compétence	note compétence	note globale
Savoir énoncer les résultats importants du cours	2	10	8,3	13,5
Connaître les hypothèses d'application des résultats	2			
Savoir appliquer directement son cours sur un exemple simple	1			
S'approprier : faire un schéma, identifier les grandeurs physiques et les hypothèses	NE	6	3,0	
Analyser : adapter l'écriture des relations, théorèmes ou principes à la situation proposée	NE			
Réaliser :Savoir mener les calculs analytiques, numériques, résolutions d'équations	1			
Valider : Vérifier la pertinence du résultat obtenu (critique de la valeur et de sa dimension)	NE	4	2,0	
Communiquer à l'oral dans un langage courant, scientifique et approprié	1			
Rédiger proprement ses démarches au tableau	1			

	+	-		
ajustement		*	note	13

des connaissances, il faut en encore gagner en recul et aisance calculatoire

Colle 5

Exercice 1 : Equation de propagation

1. Établir les équations de propagation pour \vec{E} et \vec{B} en présence de charge et de courant dans un premier temps. Montrer que dans le vide local elles se mettent sous la forme d'un opérateur $\Delta(\cdot) - \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2(\cdot)}{\partial t^2}$ (dit opérateur d'Alembertien) qui, appliqué aux champs, donne $\vec{0}$. Commenter dans ce dernier cas la dépendance temporelle des équations de d'Alembert.

Exercice 2 : Polarisation

On considère une onde plane de pulsation ω se propageant dans le vide et dont le champ électrique est donné ci après :

$$\begin{cases} E_x = \frac{E_0}{\sqrt{2}} \cos(\omega t - kz) \\ E_y = \frac{E_0}{\sqrt{2}} \cos(\omega t - kz) \end{cases}$$

- Déterminer \vec{E}_x .
- Quelle est la polarisation du champ électrique ?
- Proposer une description de ce champ électrique dans une base plus adaptée.
- Que vaut le champ magnétique dans cette base ?
- Que vaut le vecteur de Poynting instantané, puis moyen, de cette onde ?
- On fait passer l'onde dans un polariseur. Ce polariseur fait l'angle $0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2}$ avec la direction Ox . Déterminer le vecteur de Poynting moyen en sortie.

Exercice 6.1

1. Formons le rotationnel du rotationnel de \vec{E} à partir de l'équation de (M.F) et commençons les dérivées partielles par rapport au temps avec celles par rapport aux coordonnées d'espace dans

l'opérateur rotationnel : $\nabla \wedge (\nabla \wedge \vec{E}) = -\nabla \wedge \left(\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \right) = -\frac{\partial (\nabla \wedge \vec{B})}{\partial t}$ avec

$$\nabla \wedge (\nabla \wedge \vec{E}) = \nabla (\nabla \cdot \vec{E}) - \Delta(\vec{E}), \text{ il vient } \nabla (\nabla \cdot \vec{E}) - \Delta(\vec{E}) = -\frac{\partial (\nabla \wedge \vec{B})}{\partial t}.$$

Reportons les équations de (M.G) et de (M.A) dans cette égalité, on obtient :

$$\Delta(\vec{E}) - \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = \mu_0 \frac{\partial \vec{j}}{\partial t} + \frac{1}{\epsilon_0} \nabla(\rho)$$

Formons de même le rotationnel du rotationnel de \vec{B} à partir de l'équation de (M.A), il vient :

$$\nabla \wedge (\nabla \wedge \vec{B}) = \mu_0 \nabla \wedge \vec{j} + \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial (\nabla \wedge \vec{E})}{\partial t}. \text{ En utilisant (M.F) et sachant que :}$$

$$\nabla \wedge (\nabla \wedge \vec{B}) = \nabla (\nabla \cdot \vec{B}) - \Delta(\vec{B}) \text{ on a : } -\nabla^2(\vec{B}) = \mu_0 \nabla \wedge \vec{j} - \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} \text{ puisque } \nabla \cdot \vec{B} = 0.$$

Finalement, $\Delta(\vec{B}) - \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} = -\mu_0 \nabla \wedge \vec{j}$ qui est l'équation de propagation pour \vec{B} .

Dans une région de l'espace suffisamment loin de toute charge et de tout courant, on a dans le vide local $\rho = 0$ et $\vec{j} = \vec{0}$. Les équations de propagation des champs s'écrivent alors :

$$\Delta(\vec{E}) - \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = \vec{0} \text{ et } \Delta(\vec{B}) - \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} = \vec{0}. \text{ Il s'agit des équations de d'Alembert, dont on remarquera qu'elles sont symétriques par l'opération } t \rightarrow -t \text{ ce qui est à relier à l'absence de processus dissipatifs dans le vide et donc à la « réversibilité » des phénomènes de propagation.}$$

Exercice :

- Il s'agit d'une onde dans le vide, donc $\vec{k} = k \vec{u}_z$ est perpendiculaire à \vec{E} donc la composante E_x est nulle.
- L'amplitude des deux composantes laisse apparaître un champ électrique incliné par rapport à l'axe Ox de 45° . Cette direction fixe la direction de polarisation.
- Il est efficace de travailler dans la base $(\vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z)$ avec $\vec{E} = E_0 \cos(\omega t - kz) \vec{u}_z$.
- $\vec{B} = \frac{E_0}{c} \cos(\omega t - kz) \vec{u}_y$.
- Donc $\vec{\pi} = \frac{E_0^2}{2\mu_0 c} \cos^2(\omega t - kz) \vec{u}_z$ et donc $\langle \vec{\pi} \rangle = \frac{E_0^2}{2\mu_0 c} \vec{u}_z$.
- L'amplitude du champ électrique est alors de $E_0 \cos(\alpha - 45^\circ)$ et $\langle \vec{\pi} \rangle = \frac{E_0^2 \cos^2(\alpha - 45^\circ)}{2\mu_0 c} \vec{u}_z$.

Nom :Roche	Prénom:Lenni	colle du: 19-12	niveau de maîtrise	poids compétence	note compétence	note globale
Savoir énoncer les résultats importants du cours			2	10	6,7	12,5
Connaître les hypothèses d'application des résultats			1			
Savoir appliquer directement son cours sur un exemple simple			1			
S'approprier : faire un schéma, identifier les grandeurs physiques et les hypothèses			NE	6	3,0	
Analyser : adapter l'écriture des relations, théorèmes ou principes à la situation proposée			1			
Réaliser :Savoir mener les calculs analytiques, numériques, résolutions d'équations			1			
Valider : Vérifier la pertinence du résultat obtenu (critique de la valeur et de sa dimension)			NE	4	3,0	
Communiquer à l'oral dans un langage courant, scientifique et approprié			1			
Rédiger proprement ses démarches au tableau			2			

	+	-	
ajustement		*	note
			12

Remarques : Il faut te montrer plus actif en cours afin de moins découvrir les éléments importants d'un chapitre en colle !

Colle 3

Les véhicules modernes disposent de l'ouverture centralisée à partir d'une commande intégrée à la clé. Suivant la fonction que veut mettre en oeuvre l'opérateur (ouverture des portes, fermeture...), un signal est émis par la clé sous forme d'onde électromagnétique.

III.1. Rappeler l'expression des équations de Maxwell dans un milieu non chargé, non conducteur et assimilable au vide. On précisera les unités du champ magnétique \vec{B} et du champ électrique \vec{E} .

III.2. Dérive des équations de Maxwell l'équation de propagation vectorielle vérifiée par le champ électrique \vec{E} dans un milieu non chargé, non conducteur et assimilable au vide.

On considère une onde électromagnétique pour laquelle l'expression du champ électrique est donnée en coordonnées cartésiennes par la formule : $\vec{E}(x,t) = E_0 \cos\left[\omega\left(t - \frac{x}{c}\right)\right] \vec{e}_y^2$ où E_0 est une constante positive, ω est la pulsation de l'onde et t la variable temporelle.

III.3. À partir de l'expression de \vec{E} , préciser la direction et le sens de propagation de l'onde considérée.

III.4. Montrer que cette onde vérifie l'équation de propagation déterminée à la question III.2 à condition que c , ϵ_0 et μ_0 soient reliées par une relation que l'on déterminera.

III.5. À l'aide de l'équation de Maxwell-Faraday déterminer l'expression du champ magnétique \vec{B} de cette onde en fonction de E_0 , c , ω , x , t et d'un vecteur unitaire que l'on précisera.

On rappelle l'expression du vecteur de Poynting $\vec{\Pi}$ associé à une onde électromagnétique (\vec{E} , \vec{B}) :

$$\vec{\Pi} = \frac{\vec{E} \wedge \vec{B}}{\mu_0}$$

III.6. Quelle est la signification physique de ce vecteur ? Quelle est son unité ?

III.7. Déterminer l'expression du vecteur de Poynting $\vec{\Pi}$ relatif à l'onde considérée.

III.8. On note $\langle \vec{\Pi} \rangle$ la valeur moyenne de $\vec{\Pi}$ au cours du temps. Exprimer $\langle \vec{\Pi} \rangle$ en fonction de c , E_0 , μ_0 et d'un vecteur unitaire que l'on précisera.

La clé émet une onde de puissance moyenne $P = 50$ mW répartie uniformément dans toutes les directions de l'espace de manière sphérique.

III.9. Déterminer à $d = 10$ m la valeur de $\langle \|\vec{\Pi}\rangle \rangle$. En déduire l'intensité du champ électrique E_0 et l'intensité du champ magnétique B_0 de l'onde.

III.10. Comment doit-on placer une antenne constituée d'un cadre conducteur rectiligne formant un carré pour détecter le champ magnétique ? Illustrer votre réponse d'un schéma.

III.11. La fréquence de l'onde émise est $f = 400$ MHz. En déduire la valeur de sa longueur d'onde.

- Relation constitutives $\rho = 0$ et $\vec{j} = \vec{0}$
 Maxwell-Gauss $\text{div}(\vec{E}) = 0$, Maxwell-Faraday $\text{rot}(\vec{E}) = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$, \vec{E} en V.m⁻¹
 Maxwell-Thomson $\text{div}(\vec{B}) = 0$, Maxwell-Ampère $\text{rot}(\vec{B}) = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$, \vec{B} est en T
- $\Delta \vec{E} = \text{grad}(\text{div}(\vec{E})) - \text{rot}(\text{rot}(\vec{E})) = -\text{rot}\left(-\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\right) = \frac{\partial}{\partial t} \text{rot}(\vec{B}) = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$
 donc $\Delta \vec{E} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$
- Le terme en $\left(t - \frac{x}{c}\right)$ est caractéristique d'une propagation selon les x croissants.
- $\vec{E} = E_0 \cos\left[\omega\left(t - \frac{x}{c}\right)\right] \vec{e}_y$ soit $E_x = 0$, $E_z = 0$ et $E_y = E_0 \cos\left[\omega\left(t - \frac{x}{c}\right)\right]$
 $\Delta \vec{E} = \left(\frac{\partial^2 E_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 E_z}{\partial z^2}\right) \vec{e}_y = -E_0 \frac{\omega^2}{c^2} \cos\left[\omega\left(t - \frac{x}{c}\right)\right] \vec{e}_y$
 $\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = -\omega^2 E_0 \cos\left[\omega\left(t - \frac{x}{c}\right)\right] \vec{e}_y$. De l'équation de propagation, on déduit $\frac{1}{c^2} = \mu_0 \epsilon_0$
- $\text{rot}(\vec{E}) = -\frac{\partial E_y}{\partial x} \vec{e}_z = -\frac{\omega}{c} E_0 \sin\left[\omega\left(t - \frac{x}{c}\right)\right] \vec{e}_z$
 Maxwell Faraday $\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = -\frac{\omega}{c} E_0 \sin\left[\omega\left(t - \frac{x}{c}\right)\right] \vec{e}_z \Rightarrow \vec{B} = -\frac{1}{c} E_0 \cos\left[\omega\left(t - \frac{x}{c}\right)\right] \vec{e}_z + \vec{C}$
 Onde = pas de terme statique donc $\vec{C} = \vec{0}$, $\vec{B} = -\frac{1}{c} E_0 \cos\left[\omega\left(t - \frac{x}{c}\right)\right] \vec{e}_z$
- Le vecteur de Poynting $\vec{\Pi} = \vec{E} \wedge \vec{B}$ est en W.m⁻². Il donne la direction de propagation de l'énergie et on flux est la puissance instantanée traversant une surface.
 $\vec{\Pi} = -\frac{1}{c \mu_0} E_0^2 \cos^2\left[\omega\left(t - \frac{x}{c}\right)\right] \vec{e}_x \wedge \vec{e}_z = \vec{\Pi} = \frac{1}{c \mu_0} E_0^2 \cos^2\left[\omega\left(t - \frac{x}{c}\right)\right] \vec{e}_x$
- $\langle \cos^2 \rangle = \frac{1}{2}$ donc $\langle \vec{\Pi} \rangle = \frac{1}{2 c \mu_0} E_0^2 \vec{e}_x$
- Une puissance moyenne $P = 0,05$ W sont répartis sur une sphère de surface $4 \pi d^2 \approx 1257$ m² d'où un vecteur de Poynting moyen $\langle \|\vec{\Pi}\rangle \rangle \approx 40$ μW.m⁻².
 or $\langle \|\vec{\Pi}\rangle \rangle = \frac{1}{2 c \mu_0} E_0^2$ donc $E_0 \approx 0,17$ V.m⁻¹ et $B_0 = \frac{E_0}{c} \approx 5,8 \cdot 10^{-10}$ T
- Le cadre doit être orienté pour que \vec{B} ait un bon flux au travers.
 La loi de Lenz-Faraday sur l'induction $e = -\frac{\partial \Phi}{\partial t}$ explique l'apparition d'une f.e.m. dans ce cadre.
- $\lambda = \frac{c}{f} \approx 75$ cm

